

nr. 5/2013

FISKEN OG HAVET

# Kasusstudie: Villaks og oppdrettslaks i et økosystemtjenesteperspektiv

Redaktør: Gro I. van der Meeren



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH



**Kasusstudie:**  
**Villaks og oppdrettslaks i et økosystemtjenesteperspektiv**

Gro I. van der Meeren  
Redaktør



Bergen, mai 2013

<h1 style="text-align: center;">PROSJEKTRAPPORT</h1>  <h2 style="text-align: center;">HAVFORSKNINGSINSTITUTTET</h2> <p style="text-align: center;">INSTITUTE OF MARINE RESEARCH</p> <p style="text-align: center;">Nordnesgaten 50, Postboks 1870 Nordnes, 5817 BERGEN Tlf. 55 23 85 00, Fax 55 23 85 31, <a href="http://www.imr.no">www.imr.no</a></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 25%;">Tromsø</td> <td style="text-align: center; width: 25%;">Flødevigen</td> <td style="text-align: center; width: 25%;">Austevoll</td> <td style="text-align: center; width: 25%;">Matre</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">9294 TROMSØ</td> <td style="text-align: center;">4817 HIS</td> <td style="text-align: center;">5392 STOREBØ</td> <td style="text-align: center;">5984 MATREDAL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tlf. 55 23 85 00</td> <td style="text-align: center;">Tlf. 37 05 90 00</td> <td style="text-align: center;">Tlf. 55 23 85 00</td> <td style="text-align: center;">Tlf. 55 23 85 00</td> </tr> </table>		Tromsø	Flødevigen	Austevoll	Matre	9294 TROMSØ	4817 HIS	5392 STOREBØ	5984 MATREDAL	Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 37 05 90 00	Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 55 23 85 00	Distribusjon:	
		Tromsø	Flødevigen	Austevoll	Matre										
		9294 TROMSØ	4817 HIS	5392 STOREBØ	5984 MATREDAL										
		Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 37 05 90 00	Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 55 23 85 00										
Åpen															
HI-prosjektnummer															
Oppdragsgiver(e):		Regjeringens ekspertutvalg om verdier av økosystem-tjenester													
Oppdragsgivers referanse:															
Dato: 30. mai 2013															
Rapport:		Nr													
<b>Fisken og havet</b>		<b>5-2013</b>													
Program:		Akvakultur													
Tittel (norsk/engelsk):		Forskningsgruppe:													
Kasusstudie: Villaks og oppdrettslaks i et Økosystemtjenesteperspektiv		Økosystemprosesser <i>Ecosystem services</i>													
Forfattere: Gro I. van der Meeren		Antall sider totalt: 66													
Emneord (norsk):		Subject heading (English):													
Villaks, oppdrettslaks, økosystemtjenester		Wild salmon, farmed salmon, ecosystem services													

Forfatter  
Faglige innspill

Gro I. van der Meeren  
*Havforskningsinstituttet:*

Ove Skilbrei  
Geir Lasse Taranger  
Terje Svåsand

*Fiskeridirektoratet:*

Terje L. Jahnsen  
Merete Fauske

*Norsk institutt for naturforskning:*

Ingeborg Palm Helland  
Kjetil Hindar  
Odd Terje Sandlund

*Direktoratet for naturforvaltning:*

Helge Axel Dyrendal  
Raoul Bierach

Prosjektleder  
Kvalitetssikrer

Gro I. van der Meeren  
Karin Kroon Boxaspen



## Forord

Et offentlig ekspertutvalg ble i 2011 nedsatt for å se på verdier av økosystemtjenester og hvilke konsekvenser det har for samfunnet om disse tjenestene forringes. Utvalget ønsker å bruke ulike case for å illustrere hvordan økosystemtjenestetilnærmingen kan brukes i norsk forvaltning og for å vise ulike verdier vi kan få av aktuelle norske økosystemtjenester. Havforskningsinstituttet er bedt om å utvikle en mindre kasusstudie rundt forvaltning av villaks og lakseoppdrett i et økosystemtjenesteperspektiv. Denne rapporten er en avgrenset studie i tid og gjennomføringsmidler som tar for seg i hvilken grad og hvordan norsk lakseoppdrett (og tilhørende verdiskaping) er koblet til ulike økosystemtjenester. Den er derfor å anse mest som en oversikt over hvordan laks og økosystemtjenester kan ses i sammenheng, men ikke som et utfyllende dokument over problemstillingen. Dessuten er det sett på hvilke typer økosystemtjenester vi får fra villaks og lakseoppdrett og på hvilke verdier som kan kobles til disse tjenestene. Vi regner med at det vil komme etterfølgende diskusjoner, og håper at denne rapporten derfor vil gi et brukbart diskusjonsgrunnlag.

Det er særlig noen utvalgte problemstillinger som er vurdert og sammenstilt i denne kasusstudien:

- Hvilke typer økosystemtjenester får vi fra villaks og hvilke verdier kan kobles til disse tjenestene?
- I hvilken grad og hvordan er norsk lakseoppdrett (og tilhørende verdiskaping) koblet til ulike økosystemtjenester?
- Hvordan kan interaksjoner mellom villaks og oppdrettslaks vurderes i økosystemtjenesteperspektiv?
- Hvordan vil planene for utvikling av oppdrett påvirke naturlige økosystemtjenester?

Målet for studien er å søke etter svar på disse spørsmålene, og påpeke der det er vanskelig å fastslå hvordan økosystemtjenestebegrepet kan nyttes. Til slutt gjør vi noen enkle vurderinger om egnetheten av dette begrepet for forvaltningen av laks, både vill og i oppdrett.

Arbeidet har vært ledet av Havforskningsinstituttet, mens Norsk institutt for naturforskning (NINA) har hatt ansvar for kapitlene om villaks (kap. 2.2.1; 3, 5.1 og 8.1 er skrevet av Ingeborg Palm Helland, og hun og Kjetil Hindar har gitt kommentarer til hele rapporten). Sekretariatet for ekspertutvalget, ved Finn Katerås, har bidratt til arbeidet med verdifulle kommentarer og forslag til kilder og informasjon om økosystemtjenester generelt.

Bergen, 31. mai 2013

Gro I. van der Meeren  
prosjektleder  
Havforskningsinstituttet

## Innhold

1	Innledning .....	15
1.1	Formål.....	15
1.2	Metode.....	17
2	Bakgrunn.....	18
2.1	Økosystemtjenester – hva er det?.....	18
2.2	Laksens biologi – kort beskrivelse .....	20
2.2.1	Villaks.....	20
2.2.2	Oppdrettslaks .....	21
3	Villaks som økosystemtjeneste .....	23
3.1	Villaksens betydning .....	23
3.2	Hvilke økosystemtjenester og verdier får vi fra villaks? .....	25
3.2.1	Produserende økosystemtjenester.....	26
3.2.1.1	Feitidsfiske etter villaks.....	26
3.2.1.2	Næringsfiske etter villaks.....	26
3.2.1.3	Genetiske ressurser fra villaks .....	27
3.2.2	Kulturelle økosystemtjenester .....	27
3.2.2.1	Villaksens symbolverdi.....	27
3.2.2.2	Villaksens rekreasjonsverdi.....	28
3.2.2.3	Villaksens verdi for kunnskap, læring og forskning.....	29
3.2.3	Støttende og regulerende økosystemtjenester .....	30
3.2.3.1	Næringsstoffer fra villaks.....	30
3.2.3.2	Villaksens rolle i næringskjeden.....	30
3.2.3.3	Villaksens habitatpåvirkning.....	31
4	Oppdrettslaks som økosystemtjeneste.....	32
4.1	Oppdrettslaksens betydning.....	32
4.2	Hvilke økosystemtjenester og verdier får vi fra oppdrettslaks? .....	32
4.2.1	Produserende økosystemtjenester.....	33
4.2.1.1	Matproduksjon.....	33
4.2.1.2	Biprodukter .....	33
4.2.1.3	Genetiske ressurser.....	33
4.2.1.4	Fritidsfiske.....	34
4.2.2	Kulturelle økosystemtjenester .....	34
4.2.2.1	Oppdrettslaksens symbolverdi.....	34
4.2.2.2	Oppdrettslaksen rekreasjonsverdi.....	34
4.2.2.3	Oppdrettslaksens verdi for kunnskap, læring og forskning.....	35
4.3	Økosystemtjenester som innsatsfaktor for lakseoppdrett .....	35
4.3.1	Produserende økosystemtjenester som oppdrettslaks trenger .....	36
4.3.2	Støttende og regulerende økosystemtjenester som oppdrettslaks trenger .....	36
4.4	Påvirkninger fra oppdrettslaks på marine økosystemtjenester .....	37
4.4.1	Eutrofiering og skadelige stoffer .....	37
4.4.2	Oppdrettslaksens effekt på biogeokjemiske sykluser.....	40
4.4.3	Oppdrettslaksens effekt på næringsnett-dynamikk og biodiversitet .....	40

5.	Interaksjoner mellom oppdrettslaks og villaks .....	43
5.1	Påvirkninger fra oppdrettslaks på villaks .....	44
5.1.1	Viktigste trusselfaktorer fra oppdrettslaks på villaks .....	44
5.1.1	Lakselus.....	44
5.1.1.2	Rømt oppdrettslaks.....	44
5.1.2	Negative endringer i villaksens verdi .....	45
5.1.2.1	Villaksens verdi som matkilde.....	46
5.1.2.2	Villaksens genetiske verdi.....	46
5.1.2.3	Villaksens rekreasjonsverdi.....	47
5.1.3	Positive endringer i villaksens verdi.....	47
5.1.3.1	Endring i villaksens verdi for kunnskap, læring og forskning.....	47
5.2	Påvirkning fra villaks på oppdrettslaks .....	47
5.2.1	Negative virkninger for lakseoppdrett.....	47
5.2.1.1	Begrensning i oppdrettets omfang.....	47
5.2.1.2	Lakselus.....	48
5.2.2	Positive virkninger for lakseoppdrett .....	48
5.2.2.1	Genetiske ressurser.....	48
5.2.2.2	Markedsføring og symbolverdi.....	48
5.2.2.3	Forskning, utvikling og kunnskap.....	48
5.3	Endringer i økosystemtjenester på grunn av interaksjoner mellom villaks og oppdrettslaks .....	49
6	Interaksjoner mellom oppdrettslaks og økosystemtjenester generelt.....	50
6.1	Påvirkning fra oppdrettslaks på andre økosystemtjenester.....	50
6.2	Påvirkning på oppdrettslaks fra andre økosystemtjenester.....	50
7	Framtidig utvikling av lakseoppdrett .....	51
7.1	Hindre rømming eller negative effekter av rømming .....	52
7.2	Lokalisering og lukking av oppdrettsanlegg.....	52
7.3	Ernæringsbehov .....	54
8	Er fokus på økosystemtjenester hensiktsmessig for norsk lakseforvaltning? .....	56
8.1	Villaks.....	56
8.1.1	Sterke sider ved økosystemtjenestetilnærmingen.....	56
8.1.2	Svake sider ved økosystemtjenestetilnærmingen .....	57
8.2	Oppdrettslaks .....	57
8.2.1	Sterke sider ved økosystemtjenestetilnærmingen.....	58
8.2.2	Svake sider ved økosystemtjenestetilnærmingen .....	58
8.3	Avsluttende merknader.....	59
9	Referanser .....	60
	Websider med bakgrunnsinformasjon.....	66





## Sammendrag

Denne rapporten tar utgangspunkt i litteratur og kunnskapsstatus for villaks og oppdrettslaks i Norge for å se på laks som økosystemtjeneste. Havforskningsinstituttet har vært prosjektansvarlig og skrevet delen om oppdrettslaks, mens NINA har skrevet delen om villaks. Laks (*Salmo salar* L.) er en særlig interessant kasus fordi det er en naturlig ressurs som langt tilbake i historien har hatt stor verdi for mennesker, både kulturelt, kommersielt og som matkilde. Oppdrettslaks har vokst fra en sped pionertid på 1970-tallet til å være en av landets største eksportnæringer i dag. Produksjonsvolumet av oppdrettslaks er på en skala som er langt utenfor det villaks noen gang har vært og har naturlige forutsetninger til å være. Dette kan føre til en skjevfordeling når verdien av de to laksetypene sammenliknes. Ved å se på verdivurderinger av villaks og oppdrettslaks i et økosystemtjenesteperspektiv, har vi undersøkt om dette gir et mer nyansert bilde enn tradisjonelle verdisettinger basert på volum og omsetningsverdi.

Generelt er økosystemtjenestetilnærmingen i overensstemmelse med hvordan forvaltningen av villaks tradisjonelt har vært i Norge. Lakse- og innlandsfiskeloven fremhever også laksen som en ressurs og et gode for mennesker. Konseptet økosystemtjenester, slik det er utviklet av Millennium Ecosystem Assessment (MA) og The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) lar seg derfor enkelt knytte til villaks. Et viktig spørsmål er i hvilken grad økosystemtjenestetilnærmingen tilfører noe nytt for verdisetting av villaks.

Det er de produserende økosystemtjenestene (næringsfiske og fritidsfiske) som ligger nærmest opp mot det folk tenker på av naturgoder fra villaks. Her verdsettes villaks allerede i stor grad og økosystemtjenestetilnærmingen bidrar dermed med lite nytt innenfor disse temaene. Villaksen forvaltes på bestandsnivå fordi de ulike bestandene har ulik genetisk sammensetning, så de genetiske verdiene som villaks representerer er allerede verdsatt. Det er særlig innenfor de kulturelle tjenestene at økosystemtjenestetilnærmingen kan bidra med noe nytt for forvaltningen. I økonomiske analyser kan momenter som villaksens symbolverdi, rekreasjonsverdi og betydning for læring og forskning ofte bli oversett, men innenfor økosystemtjenestetilnærmingen er det utviklet terminologi og metodikk som gjør at slike goder kan inkluderes.

Et viktig bidrag fra økosystemtjenestetilnærmingen kan være at den kan hjelpe til med å belyse betydningen som villaks har for oppdrettslaks. I tillegg til at villaks gir betydelige omsettbare verdier er den også en naturressurs som oppdrettslaksen er avhengig av. Det er derfor mulig å anse oppdrettslaks som én av flere økosystemtjenester vi får fra villaks, og ikke som en egen økosystemtjeneste.

Det er ikke uten videre åpenbart at oppdrettslaks, en foredlet og intensivt produsert ressurs, kan anses å være omfattet av økosystemtjenestebegrepet. Vi har tatt utgangspunkt i at mat er inkludert som økosystemtjeneste i MA (2005) og i TEEB (2010), inkludert mat fra jord- og havbruk. Vi har valgt å omtale oppdrettslaks leverandør av økosystemtjenester i denne rapporten.

Oppdrettsindustrien har mange slags påvirkninger på naturen, hvorav flere er negative. Næringen er også avhengig av en rekke økosystemtjenester, som genetisk materiale fra naturen, ernæring av rett kvalitet og rent vann. Den er samtidig avhengig av god avfallsbehandling. Dette forhindrer imidlertid ikke at vi kan se på oppdrettslaks som en leverandør av økosystemtjenester. Selv om økosystemtjenester er naturgoder, kan menneskers utnyttelse av dette ha både negativ og positiv påvirkning på andre økosystemtjenester og på miljøet. I denne rapporten har vi relatert alle hovedtypene økosystemtjenester til oppdrettslaks og har vurdert både økonomiske, samfunnsmessige og økologiske problemstillinger samlet.

Oppdrettsforvaltningen er basert på å legge til rette for en økende verdiskaping innenfor oppdrett, og setter samtidig krav til næringen for å ta hensyn til naturen. En forutsetning er at utvikling og vekst i næringen skjer innenfor miljømessig bærekraftige rammer. Derfor kan man som for villaks spørre om økosystemtjenestekonseptet vil tilføre forvaltningen noe nytt. Uansett kan det tenkes at økosystemtjenestetilnærming kan nyttes i framtidig forvaltning.

Bruk av økosystemtjenestetilnærmingen kan også være en styrke når en skal vurdere problemstillinger knyttet til interaksjoner mellom villaks og oppdrettslaks. Villaks og oppdrettslaks lever delvis i samme miljø og kan dermed påvirke hverandre. Fordi omfanget av oppdrettslaks er så stort og fordi oppdrettslaksen er avlet fram av mennesker og ikke har en naturlig rolle i økosystemet, er det flere effekter av oppdrett på villaksens økosystemtjenester enn motsatt (se tabell nedenfor). Villaks har i vår vurdering positiv eller ingen påvirkning på de økosystemtjenestene vi får fra oppdrettslaks, med unntak av at hensynet til villaks kan begrense omfanget av oppdrett og dermed påvirke næringen negativt. De fleste økosystemtjenester fra villaks kan påvirkes negativt av oppdrettslaks, med unntak av at forskning og utvikling knyttet til oppdrettslaks som har en positiv påvirkning på villaks gjennom økt kunnskap om arten. I tabellen under oppsummerer vi hvilke økosystemtjenester vi får fra villaks og oppdrettslaks, og viser hvordan de to laksetypene påvirker hverandre.

Skjematisk oversikt over hvilke økosystemtjenester (ØT) som er identifisert for villaks og oppdrettslaks og hvordan interaksjoner mellom de to laksetypene kan endre ØT. + og – indikerer om påvirkningen på ØT fra den andre laksetypen er vurdert som henholdsvis positiv eller negativ. Grå rute angir at det ikke er funnet relevante påvirkninger.

		Villaksens påvirkning på oppdrettslaks	Oppdrettslaksens påvirkning på villaks
<b>Produserende tjenester</b>	Næring	-	-
	Fritidsfiske		-
	Genetiske ressurser	+	-
<b>Kulturelle tjenester</b>	Symbolverdi	+	-
	Rekreasjonsverdi		-
	Kunnskap, læring, forskning	+	+
<b>Støttende og regulerende tjenester</b>	Næringsstoffer		
	Næringskjeden		
	Biodiversitet		
	Habitatpåvirkning		_*

I motsetning til villaks, som inngår naturlig i økosystem fra elv til hav, vil oppdrettslaks på basis av produksjonsvolum og lokal konsentrasjon også påvirke andre økosystemtjenester enn de som har sammenheng med villaks. Oppdrettslaksen har potensial til å redusere verdien av andre økosystemtjenester i økosystemet gjennom utslipp som ved manglende vannutskifting kan oppnå verdier som er skadelige på biodiversitet, næringskjeder og bunnforhold, og derved også de tjenester som en ren og fersk kystlokalitet kan gi. På den andre siden kan moderate utslipp virke positivt på lokale ressurser, da oppdrettsanlegg kan være en kilde til næring og skjul som tiltrekker seg viltlevende arter. I dag er forbruket villfisk til laksefôr en naturlig økosystemtjeneste i seg selv, og er i samme størrelsesorden som mengden produsert oppdrettslaks. Målet i næringen er å redusere forbruket av marint råstoff ytterligere.

Rapporten omtaler viktige økosystemtjenester lakseoppdrett er avhengige av/bygger på, for eksempel vannrensing, avfallsbehandling (nedbryting og avgiftning), genetiske ressurser og fôrproduksjon. Oppdrettslaks kan sies å ha en både-og-rolle, der den både kan ha en positiv verdi som mat og et potensial for skadelige virkninger på naturlig forekommende økosystemtjenester. Utfordringene i framtidens oppdrett dreier seg i særlig grad om å hindre rømming og begrense lakselus fra oppdrettsanleggene. Framtidens oppdrett vil også måtte fokusere på lokalisering og teknologiutvikling for å unngå negativ påvirkning på andre marine økosystemtjenester.



Sjøanlegg, Forskningsstasjonen Matre. Foto: Havforskningsinstituttet

## Summary

This report is based on existing literature and scientific knowledge concerning wild and farmed salmon, aiming to relate this information to the concept of ecosystem services. The Institute of Marine Research is responsible for this report and for the text in the sections relating to farmed salmon, while the Norwegian Institute for Nature Research has provided the sections on wild salmon. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) is a particularly interesting case for ecosystem services, having been a provider of valuable, natural resources to the society for a very long time. Farmed salmon has grown from a pioneer trade in the 1970's to one of the major national export trades by the early 2000's. The produced volume of farmed salmon is now beyond the potential maximum possible volume of natural salmon production, by order of magnitudes. This difference in commercial market values can easily lead to a skewed perception of overall values linked to farmed versus wild salmons. When adapting the perspective of "ecosystem services" to both salmon groups, we investigate how this may lead to a more nuanced picture than traditional values based on volume and stock size alone.

In general the ecosystem service approach is well in line with the traditional management of the wild salmon stocks of Norway. The Law of Salmon- and Freshwater Fisheries make a point to state that the salmon is a valuable resource for the good of people. The concept of ecosystem services, as developed in the Millennium Ecosystem Assessment (MA) and The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) is easily adapted for wild salmon. A question to be asked is therefore whether the ecosystem service approach can add anything new to our perception of the full value connected to the resources given by, and the actual existence of wild salmon in the Norwegian nature.

The common view of values from wild salmon is connected to the productive values. This is already highly appreciated, and will not gain much by being considered in the perspective of the ecosystem services. Not only the value of salmon as food, but also the genetic variation between salmon stocks are appreciated and valued. When including the approach of cultural ecosystem values, the potential for valuation of new fields is appearing and obvious. Traditionally, omitting the values that can be found in symbolic, recreational and research and developments tends to be put aside. Within the concept of ecosystem services it is naturally included.

An important contribution from the ecosystem service concept is how it is its potential to show how important the wild salmon is for development of the farmed salmon. Even if the farmed salmon is worth far more in tradable values, the wild salmon is not only commercially valuable but also the basis and natural resource for the farmed salmon trade. Therefore, one possible perception is that farmed salmon can be viewed as an ecosystem service provided by the wild salmon, rather than an own ecosystem service.

Thus, it is disputed and not all that clear if farmed salmon, cultivated and produced in intensively tended farms, is fitting the definitions of ecosystem services. However, we have decided to keep in line with the MA (2005) list of ecosystem services, where aquaculture is

included. Even if some of the consequences on nature caused by farmed salmons, the ecosystem services of salmons provide also positive goods to mankind.

In this report farmed salmon is discussed in relation to the four groups of ecosystem services, productive, cultural, supportive and regulating, including economically, social, and ecological terms.

The management of aquaculture in Norway is based on an increased production of healthy products while at the same time taking in account the need of reducing and remove any negative consequences from farming on natural resources. It is a requirement for development and growth that this will happen within sustainable environmental frames. Therefore, the current management regulations are already taking into account much of the same values that can be found within the ecosystem service concept, and it is not obvious that the ecosystem concept will give new perceptions. However, it may well be that the ecosystem service approach will make it easier to pin-point how new lines of research may be important to achieve the goals set by the management regulations as well as increase the knowledge of new, still unrecognized ecosystem services in the area of salmon farms.

Another useful approach for the use of ecosystem services is when looking at issues emerging from wild- and farmed salmon interactions. The two groups shares for parts of their life cycle the same environments and will have impacts on each other.

Due to the volume and range of the farmed salmon, being nurtured and kept in high densities along the Norwegian coast, the impact of farmed salmon on wild salmon is in general larger and in general negative. Still, the high amount of effort and resources invested in salmon research is benefitting both wild and farmed salmon. Being the genetic source of the farmed salmon, wild salmon is a positive factor. Still, the need for protecting the wild salmon stocks is limiting the available locations for farmed salmons, and therefore leading to a limitation on the total production of farmed salmon.

While wild salmon is a natural part of the Norwegian river, coast and ocean biodiversity, farmed salmon is kept in farms in densities that have impact on the local ecosystem and biodiversity, thereby also on wild coastal ecosystem services. Excessive releases of pollutants (e.g. medications, parasite toxins, feed spill and feces) will lead to deterioration, not only in the salmon quality, but also in the natural food webs, including plankton, benthos and fish species. However, a moderate release of nutrients, along with light attraction has been shown attracting wild species from all levels of the coastal food webs, and may even increase local productivity of natural occurring ecosystem services. Finally, the need for marine proteins and fatty acids to feed the farmed salmon is making an impact on the fisheries for forage fish internationally. To reduce this impact, research is done to reduce the need for limited natural ecosystems services in food production to farmed salmon.

This report mentions important ecosystem services for farmed salmon, which is dependent of cleaned water, proper treatment of effluents (organic waste and toxins), genetic resources and



supplies of feed. Farmed salmon fills both the role of a valuable good to mankind, while having a potential for putting negative pressures on other ecosystem services. The challenges in the future will be to reduce negative impacts, like escaping the net-pens, being a source for distributing salmon lice and reduce the consumptions of marine forage fish. Location and design of new holding facilities also looks at how to minimize the negative effects from the salmon farms on the local ecosystems.



Foto: Eva Thorstad



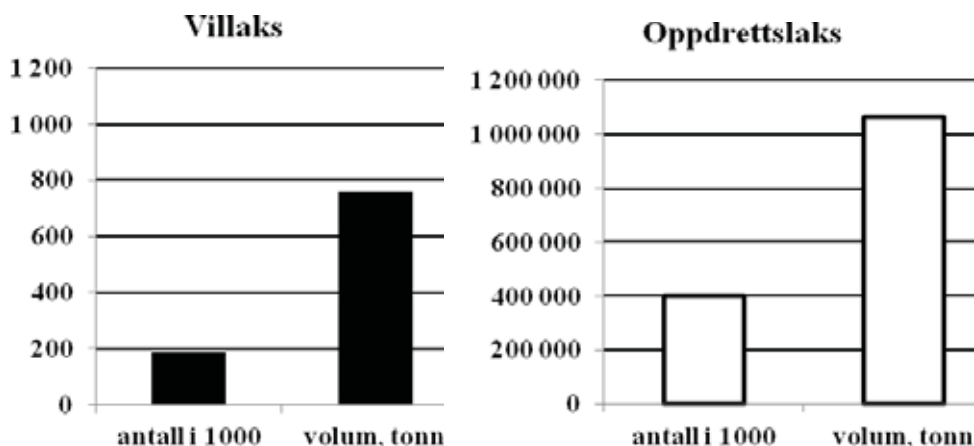
# 1 Innledning

## 1.1 Formål

Regjeringen oppnevnte i oktober 2011 et offentlig ekspertutvalg som skal se på verdier av økosystemtjenester (ØT) og hvilke konsekvenser det har for samfunnet om disse tjenestene forringes. Ekspertutvalget skal levere sine anbefalinger i en NOU innen 31. august 2013, og utvalgets sekretariat er lagt til Miljøverndepartementet. Mer informasjon om utvalget finnes på nettsiden [www.regjeringen.no/okosystemtjenester](http://www.regjeringen.no/okosystemtjenester).

Utvalget ønsker å bruke ulike kasusstudier for å illustrere hvordan økosystemtjenestetilnærmingen kan brukes i norsk forvaltning og for å vise ulike verdier vi kan få av aktuelle norske økosystemtjenester. I den forbindelse er Havforskningsinstituttet bedt om å lede utviklingen av en kasusstudie rundt villaks og lakseoppdrett i et økosystemtjenesteperspektiv. Målet for denne rapporten er å vurdere om konseptet økosystemtjeneste er egnet for forvaltning av laks, både vill og i oppdrett.

Villaks har vært en viktig del av norske naturressurser i uminnelig tid, mens oppdrettslaksen har vokst fra en sped pionertid på 1970-tallet til å være en av landets mest betydelige eksportnæringer i dag. Produksjonsvolum av omsatt oppdrettslaks er i 2013 på en skala som er langt utenfor det villaks noen gang har vært og har naturlige forutsetninger til å være (figur 1.1).



**Figur 1.1.** Antall (i 1000) og produksjonsvolum (vekt i tonn) av fisket villaks i sjø og elver, og antall og produksjonsvolum omsatt oppdrettslaks i 2011. Legg merke til forskjell i skala mellom de to aksene. Kilder: SSB (jord, skog, jakt og fiskeri) og Fiskeridirektoratet (2012a).

**Figure 1.1.** Numbers (in 1000) and production volume (in metric tonnes) of landed wild salmon in lakes and rivers, and numbers and production volumes of traded farmed salmon in 2011. Note the differences in axis scales between the figures. Sources: Norway Statistical and Directorate of Fisheries.

Det kan diskuteres i hvilken grad oppdrettslaks, en foredlet og intensiv produsert ressurs, kan anses å være omfattet av økosystemtjenestebegrepet. Oppdrett av laks kan sammenlignes med kjøttproduksjon i landbruket, og det er en diskusjon om akvakultur og landbruk kan defineres i forhold til økosystemtjenestebegrepet eller ikke. I henhold til utredningen "Ecosystems and Human Well-Being, the Millennium Ecosystem Assessment" (MA 2005) og rapporten "The

Economics of Ecosystems and Biodiversity” (TEEB 2010) er ”mat” fra levende fornybare kilder generelt med i økosystemtjenesteoversikten. I MA (2005) er akvakultur innlemmet i gruppen av produserende økosystemtjenester, sammen med landbruk og skogsdrift, vilt og ville planter. Kultivert natur som økosystemtjeneste gjenspeiles også i artikler som diskuterer økosystemtjenester fra jordbruk og skogsdrift (Rapidel m.fl. 2011) og betydningen av økosystemhensyn i jordbruk (Zhang m.fl. 2007). Norske skoger er presentert som viktige økosystemtjenesteleverandører (Lindhjelm & Magnussen 2012; Rusch 2012), der også høyt kultiverte juletreplantasjer er inkludert i skogsbegrepet (Lindhjelm & Magnussen 2012). I lys av dette har vi i denne rapporten valgt å definere oppdrettslaks som representativ i økosystemtjenesteperspektiv. Hvorvidt det er forskjellige økosystemtjenester knyttet til villaks og oppdrettslaks vil bli diskutert. Videre vurderes det ulike interaksjoner mellom de to laksetypene som påvirker økosystemtjenestene de leverer. Disse interaksjonene vil også bli diskutert, sammen med påvirkningen oppdrettslaks kan ha på andre økosystemtjenester.

Grovt sett er produksjonsvolumet av oppdrettslaks over 1000 ganger volumet av villaks. Ved å forsøke å se på verdivurderinger av villaks og oppdrettslaks i et økosystemtjenesteperspektiv skal vi se om dette vil gi et mer nyansert bilde enn den tradisjonelle verdisetting basert på volum og omsetningsverdi. Det blir sett på om økosystemtjenesteperspektivet gjør det lettere å se ulike verdier på et annet felles grunnlag enn monetær verdi.

Spørsmålene som denne kasusstudien forsøker å svare på er:

- Hvilke typer økosystemtjenester får vi fra villaks og hvilke verdier kan kobles til disse tjenestene?
- I hvilken grad og hvordan er norsk lakseoppdrett (og tilhørende verdiskaping) koblet til ulike økosystemtjenester?
- Hvordan kan interaksjoner mellom villaks og oppdrettslaks vurderes i økosystemtjenesteperspektiv?
- Hvordan vil planene for utvikling av oppdrett påvirke naturlige økosystemtjenester?

Rapporten tar først for seg hvordan økosystemtjenester kan beskrive naturgoder fra laks i et naturlig økosystem, og deretter vurderes økosystemtjenestekonseptet i intensivproduksjon i lakseoppdrett. Laks er en særlig interessant kasusstudie fordi det er en naturlig ressurs som langt tilbake i historien har hatt stor verdi for mennesker, både kulturelt, kommersielt og som matkilde. I tillegg har det i nyere tid blitt utviklet en storindustriell oppdrettsnæring av laks.

Oppdrettslaks kan på den ene siden tilføre naturgoder som gir både produserende, kulturelle og støttende tjenester, men på den annen side har den selv behov for støttende tjenester fra naturen, og kan føre til skader på miljøet og andre økosystemtjenester. Når vi legger til grunn at økosystemtjenester er knyttet til noe fra økosystemene som mennesker har nytte av, men anerkjenner at bruken av ulike økosystemtjenester naturlig kan og vil ha negative og positive påvirkninger på andre økosystemtjenester og miljøet generelt, så vil oppdrettslaksen også passe inn i definisjonen som en regulerende økosystemtjeneste. Det er likevel behov for en generell diskusjon og klargjøring for hvordan dette passer inn i økosystemtjenestetankegangen, ikke bare for oppdrettslaks, men også andre nyttearter som kultiveres, men som

har atferd og instinkt som ville bestander. Andre eksempler er kultiverte honningbiearter og mørk jordhumle (*Bombus terrestris*) som spres raskt siden den brukes til pollinering i drivhus (Gjershaug & Ødegaard 2012).

## 1.2 Metode

Denne studien tar utgangspunkt i eksisterende kunnskap om laksens biologi og dens betydning i samfunnet, og deretter relateres denne kunnskapen til de ulike typene økosystemtjenester. Økologisk og biologisk, så vel som nærings- og samfunnsøkonomisk informasjon trekkes inn i beskrivelsen av de ulike økosystemtjenester. Der det er mulig å vise til kvantitative økonomiske verdier fra ulike kilder vil dette bli påpekt, men ingen nye beregninger er gjort i denne rapporten. Både omsettbare og ikke-omsettbare verdier vurderes på et overordnet nivå, og det vises til både historiske verdier, nåtidsverdier og fremtidig verdi. Dette inkluderer både den verdiskaping som laks som en produserende økosystemtjeneste bidrar til, og kostnader for å ta vare på laks, for eksempel i form av forvaltningstiltak. Vurderingen gjøres både på villaks og oppdrettslaks, og til slutt rettes fokus mot interaksjonene mellom dem. Rapporten oppsummerer også forfatterens oppfatninger av sterke og svake sider som ble avdekket i prosessen med å relatere eksisterende kunnskap om laks til økosystemtjenester. Det er i rapporten drøftet og vurdert hvordan lakseoppdrett bygger både på økosystemtjenester og på en rekke menneskelige innsatsfaktorer, og som nevnt tatt hensyn til at lakseoppdrett både gir økosystemtjenester (særlig mat) og er en pressfaktor mot økosystemene.

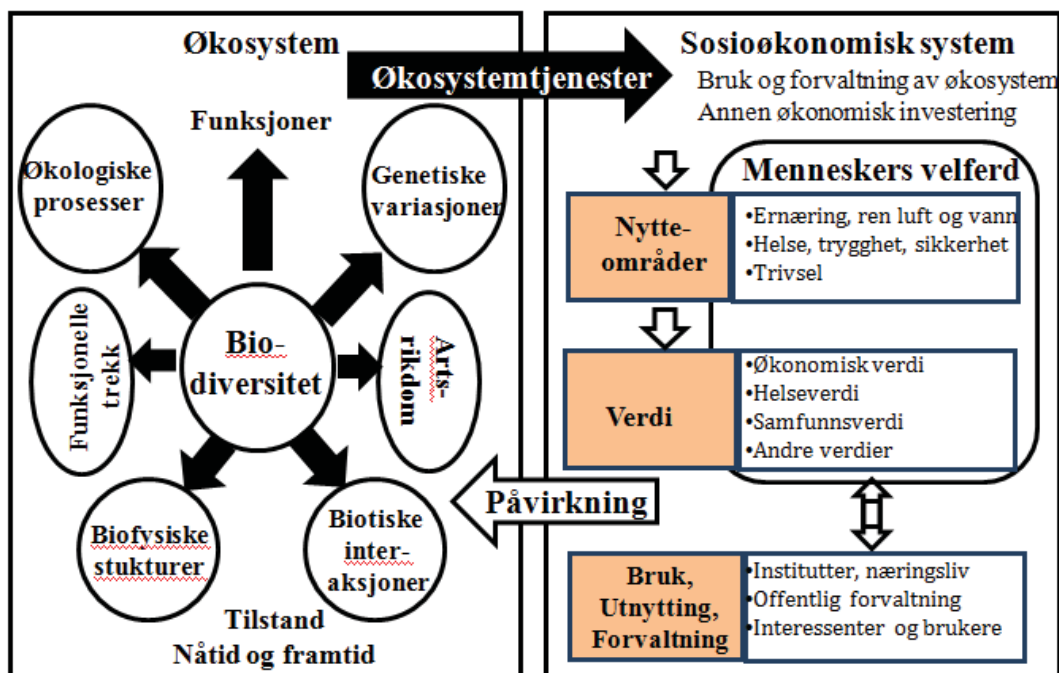


Foto: Hege Iren Svensen

## 2 Bakgrunn

### 2.1 Økosystemtjenester – hva er det?

Konseptet økosystemtjenester som benyttes i denne rapporten baserer seg på et grunnlag som ble lagt gjennom internasjonale rapporter som setter levende naturprodukter og økosystemer i et perspektiv der samfunnets behov er sentralt (figur 2.1). Den første beskrivelsen av dette systemet finnes i rapporten MA (2005) og er videreutviklet i rapporten TEEB (2010). Hensikten er å få på plass en felles bevisstgjøring og konsensus for betydningen av naturlige goder, slik at ulike tjenester som ofte ikke lar seg synliggjøre ut fra vanlig økonomisk vurdering kan verdisettes (<http://www.nina.no/Forskningsofagtema/%C3%98kosystemtjenester.aspx>).



**Figur 2.1.** Skjematisk oversikt over hvordan økosystemtjenester beskriver forholdet mellom økosystemer og sosioøkonomiske systemer, oversatt fra MA (2005).

*Figure 2.1.* Schematic overview on the relationship between ecosystem services and socioeconomic systems, translated from (MA 2005).

Metoden for å beregne både omsettbare og ikke-omsettbare verdier i en felles verdisetting er presentert i TEEB (2010), og her brukes følgende fire kategorier og definisjoner for å beskrive samfunnsgoder og økosystemtjenester (naturgoder) fra ethvert økosystem: "Produserende/forsynende tjenester", "Kulturelle tjenester", "Regulerende tjenester" og "Støttende tjenester". Tabell 2.1 gir eksempler på ulike tjenester.

**Tabell 2.1.** Eksempler på økosystemtjenester (basert på Magnussen m.fl. 2012).

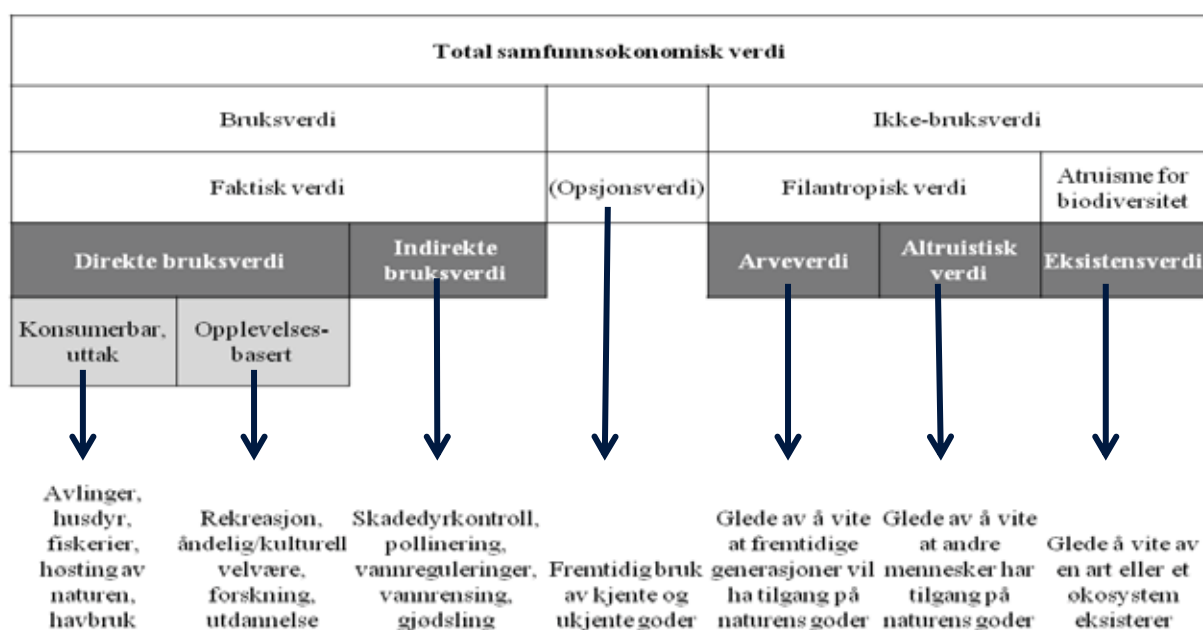
**Table 2.1.** Examples of ecosystem services (based on Magnussen et al. 2012).

Støttende økosystem-tjenester	Regulerende økosystem-tjenester	Produserende (forsynende) økosystemtjenester	Kulturelle økosystemtjenester
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vedlikehold av biogeokjemiske sykluser</li> <li>Vedlikehold av næringsnett-dynamikk</li> <li>Vedlikehold av biodiversitet</li> <li>Vedlikehold av habitater (leveområder)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduksjon av eutrofiering</li> <li>Regulering av skadelige stoffer</li> <li>Tilbakeholdelse av sedimenter (sediment-retensjon)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produksjon av mat egnet for konsum</li> <li>Produksjon av ikke-spiselige produkter</li> <li>Genetiske ressurser</li> <li>Ressurser for farmasøytisk, kjemisk og bioteknologisk industri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rekreasjon og reiseliv</li> <li>Naturens testament, de marine, terrestriske og akvatiske økosystemene som overlates til kommende generasjoner</li> <li>Estetiske verdier</li> <li>Vitenskap og utdanning</li> <li>Vedlikehold av kulturarven</li> <li>Inspirasjon til kunst og reklame</li> </ul>

Pascuala m.fl. (i TEEB, 2010) en tilnærming til en fordeling mellom ulike verdier som inngår i en total samfunnsøkonomisk verdisetting (Tabell 2.2).

**Tabell 2.2.** Ulike typer verdier som går inn i en konseptuell tilnærming av verdier som naturen bidrar med til mennesker (Kilde: Pascuala m.fl. 2010).

**Table 2.2.** Value types within the Total economic value approach (Source: Pascuala et al. 2010).





## **2.2 Laksens biologi – kort beskrivelse**

### **2.2.1 Villaks**

Laksens livssyklus foregår i både elv og hav, og dermed er laksen del av økosystemer både i marine miljøer og i ferskvann. Laksen starter livet i elva og vandrer siden ut i havet for å vokse seg stor, før den så vandrer tilbake til ferskvann for å gyte. Når gytefisken vender tilbake, finner den et passende område med god strøm og grov grus som er velegnet som gytehabitat. Hunnen graver en gytegrøp som hun dekker til etter befruktning av hannen, og eggene blir liggende i gytegrusen til de klekker utpå våren. En del av de voksne fiskene er utmattet og dør etter gytingen, men noen overlever og vandrer ut i havet igjen for å beite i løpet av vinteren eller våren. Enkelte laks kan returnere til elva flere ganger for å gyte.

Villakshanner har dessuten en alternativ utvikling. En andel av dem kjønnsmodner i elva og gyter som dverghanner, og det er vist at disse kan befrukte flere titalls prosent av rognen. Noen dverghanner vandrer ut i havet etter gyting, mens andre lever hele livet i ferskvann. Det finnes også noen få laksepopulasjoner som tilbringer hele livssyklus i ferskvann. I Norge har vi såkalt bleke i Byglandsfjorden og namsblank (småblank) i øvre del av Namsen som er ferskvannsstasjonære bestander. Namsblanken er den eneste laksebestanden i Europa som tilbringer hele livet i elva. Bleka bruker innsjøen Byglandsfjorden som oppvekstområde, i likhet med andre ferskvannsstasjonære laksebestander, som f.eks. vänerlaksen i Sverige.

De første ukene etter klekking har yngelen næring fra en plommesekk inntil de begynner å ta til seg næring når de er fem–seks uker gamle. Etter hvert som yngelen vokser, kommer den opp av grusen og blir frittstående, og kalles da parr. Parren lever i elva i mellom ett og seks år før den blir smolt og går ut i havet. Smoltalderen er avhengig av vekstforholdene i elva, og påvirkes av temperatur og næringstilgang. Smolten vandrer ut gjennom fjordene og videre ut i havet på våren og tidlig sommer. Laksen kan være i havet fra ett til fire år før den har vokst seg stor, blir kjønnsmoden og vandrer tilbake til elva for å gyte. Gytevandringen av voksen laks opp i elvene foregår fra sent på våren til utpå høsten, og selve gytingen skjer sent på høsten. Det er hovedsakelig i denne tilbakevandringsfasen at laksen har vært gjenstand for menneskets interesse ettersom laks har vært en attraktiv art for fiske, både i fjord og elv, til alle tider. Periodevis har det også foregått laksefiske i åpent hav.

Laksen vender i stor grad tilbake til samme elv som den ble født i, og i større elvesystemer også til den delen av vassdraget den selv vokste opp i. Denne mekanismen kalles «homing», og det er ikke fullt ut forstått hvordan laksen greier å finne tilbake til riktig elv. Sannsynligvis innprenter den under utvandringen komplekse signaler fra en rekke ulike stimuli som gjør at den siden kan finne tilbake til elva, og den bruker blant annet luktesansen til å orientere seg. Laks fra ulike elver er genetisk forskjellige, og laksebestander viser tilpasninger til sin lokale elv. Dette betyr at laks som fanges i forskjellige deler av Norge kan ha ulike tilpasninger i trekk for eksempel knyttet til veksthastighet, gytetid og vandringmønster. Forvaltning av laks i Norge foregår derfor på elvebestandsnivå, og norske myndigheter har som mål å sikre mangfoldet også innen arten.



Vi vet lite om laksens liv i sjøfasen. Det er anslått at ca. 80–98 % av smolten som vandrer ut fra elvene dør i havet og ikke kommer tilbake til ferskvann. Dødeligheten er særlig stor i det første leveåret, og mange smolt når aldri det åpne havet. Mesteparten av denne dødeligheten er en del av laksens naturlige livssyklus og skyldes naturlige forhold som sykdommer og predasjon. Sjøoverlevelsen de siste 30 årene har vært generelt lavere enn på 1960–80-tallet, og nedgangen ser ut til å ha skjedd over store områder. Dette kan henge sammen med storskala endringer i havet med konsekvenser for laksens overlevelse og vekst. Det er begrenset kunnskap om i hvilken grad endringene i havet på stor skala kan være menneskeskapte, men ifølge Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (Anon. 2001 a; b) er det regionale og lokale påvirkningsfaktorer i havet som er menneskeskapte. Blant disse anses lakselus og andre sykdomsorganismer assosiert med akvakultur, samt overbeskatning, som de viktigste.

Laks sprer seg over store områder i Atlanterhavet, og synes å være særlig konsentrert i områder nær Færøyene og ved Vest-Grønland. Nyere studier der laks er merket med satellittmerker viser også at de kan spre seg langt mot nord til Svalbard og nordøst i Barentshavet.

I motsetning til sjøfasen vet vi svært mye om villaksens liv i ferskvann, og laks er en av de ferskvannsfiskene det har vært forsket mest på. Forvaltningen av villaks har også i hovedsak vært konsentrert om elvene ettersom det er her det har vært enklest å iverksette tiltak. Mange av de menneskeskapte påvirkningene som kan true villaksen finnes også i ferskvann. Ifølge Vitenskapelig råd for lakseforvaltning er de viktigste menneskeskapte påvirkningsfaktorene på villaks i ferskvann, parasitten *Gyrodactylus salaris*, dårlig vannkvalitet (dette innebærer overgjødning, forurensning, miljøgifter og annen forurensning), rømt oppdrettslaks, fremmede arter, vassdragsinngrep (fysiske endringer) og overfiske (Anon. 2011 a; b).

For at laks skal kunne gjennomføre sin livssyklus er det viktig at vandringsveiene opprettholdes. Dette gjelder både for smolt på utvandring og for gytefisk på tilbakevandring, og innebærer både vandringsveier gjennom fjorden og i den lakseførende strekningen av elva. Fysiske inngrep i vassdrag kan redusere laksens mulighet til å nå gyteplassene.

### **2.2.2 Oppdrettslaks**

Oppdrettslaks har samme naturlige behov som villaksen den stammer fra. Livssyklusen er endret gjennom selektiv avl. Fôring og oppdrettsmiljø for å utvikle oppdrettslaks som et høytytende husdyr. Laksen starter livet sitt i ferskvannsanlegg. I oppdrett tar det normalt fra 8 til 18 måneder i ferskvann å få fram en smolt på ca. 100 g. Dette er betydelig raskere enn hos villaks. Smolten settes vanligvis i store merder i sjøen på lokaliteter der det er god vanngjennomstrømning og ellers gunstige miljøforhold. Siden laks er en naturlig vandrende art, så har den behov for plass til å svømme kontinuerlig i merdene. Laksen trenger stabilt friskt og oksygenrikt vann, men de ulike livsstadiene har ulike krav til bl.a. vanntemperatur, saltholdighet og lys. I sjøen vokser laksen fra 100 g til slaktevekt på rundt 3–6 kg i løpet av 12 til 18 måneder, avhengig av vanntemperatur, lys og fôring. For å opprettholde god vekst,

helse og velferd er det viktig at det er tilstrekkelig tilgang til fôr og at miljøforholdene er optimale gjennom hele livssyklusen. Bruk av lys som endrer laksens oppfatning av de naturlige årstidene, kan både styre tidspunkt på året for overføring av smolten til sjøvann (Skilbrei 2013) og utsette kjønnsmodningen hos voksen laks (Skilbrei 2013; Taranger m.fl. 2010). Det er ønskelig å få laksen opp i slakteklar størrelse før den blir kjønnsmoden, fordi modningen har en rekke negative konsekvenser for kjøttkvalitet, vekst, fôrutnyttelse, velferd og helse i matfiskanlegg.

Oppdrettslaks lever i et miljø som er delvis konstruert med menneskelig teknologi, og anleggene er basert på store flytende merder. Fôring og miljøovervåking er i stor grad automatisert, mens røkting og tilsyn skal gjennomføres manuelt daglig. Krav til vedlikehold av merd, overvåking av sykdom, skader og parasitter, påvirkning av bunnen og varsling av rømming er regulert ved lov (som f.eks. akvakulturloven, akvakulturforskriften, NYTEK-forskriften). Laks i oppdrett blir vaksinert som smolt ved utsetting i sjø og skal behandles for parasitter. Syk laks skal slaktes ut. Oppdrettslaks er opprinnelig utviklet fra rasktvoksende villaksstammer og videre foredlet til å gi optimalt utbytte i oppdrett. Rømt oppdrettslaks vil likevel blande seg med villaks og går opp i gyteelvene sammen med stedegen laks (se kapittel 4). Rømming fra anlegg skal derfor forebygges og unngås.

Rapporten presenterer og drøfter hvilke naturlige økosystemtjenester lakseoppdrett er avhengig av og bygger på, særlig regulerende tjenester som opprettholder en god vannkvalitet. Der er strøm, dybde, bunnforhold og vannutskifting viktige komponenter (kapittel 4.3). Riktig bruk av arealer i fjord og kystfarvann er pekt på som en av de viktigste faktorene for å sikre bærekraftig vekst og utvikling av havbruksnæringen. Hvilke naturlige behov oppdrettslaks har vil presenteres i kapittel 2.2.2.



Foto: Hege Iren Svensen

### **3 Villaks som økosystemtjeneste**

#### **3.1 Villaksens betydning**

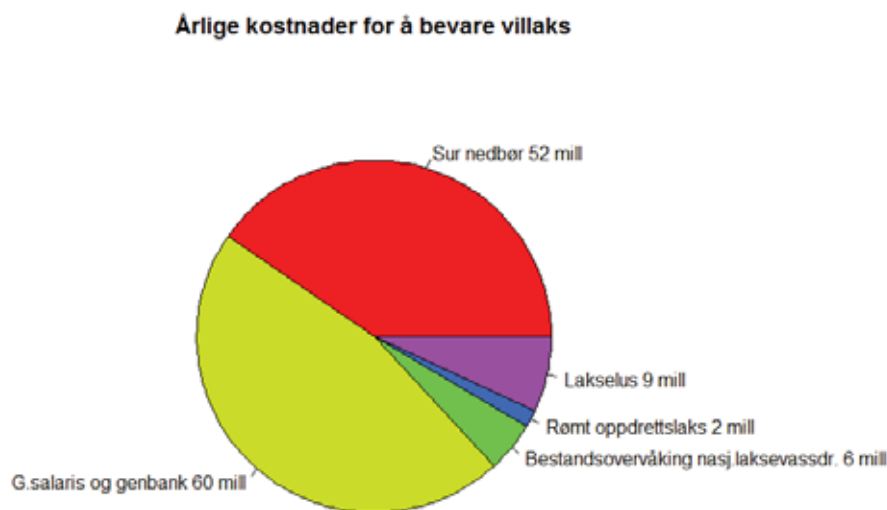
Villaks er en velegnet case for å illustrere økosystemtjenester i norsk forvaltning, fordi laksens verdi for mennesker i lang tid har vært en tydelig del av vår kulturhistorie. På mange måter kan denne historiske verdisettingen i dag sies å være forenelig med dagens fokus på økosystemtjenester. Så lenge det har bodd folk i landet har laksen hatt stor betydning for bosetningen. Det finnes om lag 450 lakseelver i Norge i dag (<http://www.dirnat.no/content/500042245/Bestandstilstand-for-laks>), og laks har vært en viktig del av matforsyningen. Laksefiske foregikk både i elver, fjorder og havet, og laksens sterke betydning gjennom norgeshistorien kan i dag fortsatt ses i både gammel kunst, som helleristninger, og i stedsnavn. Laksen er også omtalt i det første lovverket. I gulatingen fra ca. år 1200 heter det «Ganga skal Gudsgåva til fjells som til fjæra um ganga ho vil». Dette viser til at man allerede den gangen var opptatt av laksen skulle få vandre fritt opp i elvene slik at også de som bodde høyere opp fikk tilgang til lakseressursen, som ble ansett som en «guds gave» (Aas m.fl. 2010).

I tillegg til at villaks alltid har hatt direkte bruksverdi som en matkilde for lokalbefolkningen, har næringsfiske og turisme knyttet til villaks også en lang historie i Norge. Omkring 1830 kom de første britiske fisketuristene til Norge og disse dominerte i en lang periode elvefisket, mens nordmenn på denne tiden hovedsakelig fisket etter villaks i sjøen (<http://www.dirnat.no/villaksportalen>). Da var laks en svært attraktiv og eksklusiv matrett, og det var en voksende økonomi knyttet til både næringsfisket og fisketurismen. Etter andre verdenskrig ble det gradvis flere norske elvefiskere fordi fritidsfisket økte når folk fikk bedre økonomi og mer ferie. Samtidig økte også høstingen i sjøen, blant annet på grunn av mer effektive fangstredskaper. Fra slutten av 1970-tallet har laksebestandene gått tilbake, og det har derfor blitt innført en rekke begrensninger i fisket, både i havet, langs kysten, i fjordene og i elvene. Næringsfiske i sjøen er nå lite utbredt, og dagens laksefiske er hovedsakelig et fritidsfiske som skjer i elvene (<http://www.dirnat.no/villaksportalen>). I tillegg til sportsfiske er ville laksebestander i dag også en turistattraksjon på nye måter. For eksempel finnes det flere lakseobservatorier, villakssentre og andre lakserelaterte attraksjoner som trekker mange tilreisende (NOU 1999:9). Dette bidrar selvsagt med økonomiske ringvirkninger til lokalt næringsliv, men disse eksemplene illustrerer også at opplevelser knyttet til laks er viktig for mange mennesker, ikke bare for dem som selv ønsker å fiske, og at laks på denne måten skaper en rekke former for kulturelle økosystemtjenester.

Den norske forvaltningen av villaks har vært basert på en tankegang som likner på det MA (2005) og TEEB (2010) har bygget sin økosystemtjenestetilnærming på, også lenge før rapporten «Millennium Ecosystem Assessment» kom i 2005. For eksempel ble et bredt spekter av villaksens verdi for mennesker vurdert i en norsk offentlig utredning allerede i 1999 (NOU 1999:9). Denne ga ikke bare en gjennomgang av økonomiske verdier knyttet til fritidsfiske, turisme og næringsfiske, men også andre kulturelle økosystemtjenester som befolkningens ønske om å ta vare på villaksen, naturopplevelser, læring og helsegevinster av dette.

I lakse- og innlandsfisklovens § 1 står det: «Lovens formål er å sikre at naturlige bestander av anadrome laksefisk, innlandsfisk og deres leveområder samt andre ferskvannsorganismer forvaltes i samsvar med naturmangfoldloven og slik at naturens mangfold og produktivitet bevares. Innenfor disse rammer skal loven gi grunnlag for utvikling av bestandene med sikte på økt avkastning, til beste for rettighetshavere og fritidsfiskere.» Som den siste av disse to setningene viser er menneskers nytteverdi av villaks integrert i lovverket, og avkastning til rettighetshavere og fritidsfiskere er et uttalt mål for villaksforvaltningen. Dette illustrerer tydelig hvordan villaks allerede i dag forvaltes som en økosystemtjeneste, selv om dette begrepet kanskje ikke har vært brukt før de siste årene.

Et bilde på hvor høyt villaksen verdsettes i samfunnet, ikke bare som en faktisk verdi, men også ikke-bruksverdien, er den store summen som årlig brukes i Norge for å bevare laksebestander. Et overslag viser at de offentlige kostnadene for å beskytte laks mot ulike trusselfaktorer til sammen er ca. 130 millioner kroner årlig (figur 3.1). De største midlene går til kalking og overvåking i forbindelse med sur nedbør (52 mill.), bekjempelse av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* og kultivering og bevaring av laksestammer i genbanker (60 mill.). Det brukes også ca. 10 millioner kroner på tiltak i forhold til interaksjoner mellom villaks og oppdrettslaks, slik som overvåking av lakselus på villfisk (9 mill.) og overvåking og uttak av rømt oppdrettslaks fra vassdrag (2 mill.). Bestandsovervåking i nasjonale laksevassdrag er anslått å koste ca. 6 millioner kroner årlig.



**Figur 3.1.** En sammenfatning av de årlige kostnadene for å bevare villaks som er utsatt for ulike trusselfaktorer. Tallene er basert på overslag for 2012 (kilde: Direktoratet for naturforvaltning), men kan ikke anses for å være helt nøyaktig. Se teksten for nøyere beskrivelse av hva som inngår i de ulike delene.

**Figure 3.1.** A collection of the annual costs invested in conservation of wild salmon from known threats. The figure are based on an account for 2012 (source: the Directorate for Natural Conservation) and are therefore not exact values. The text describes each threat.

I tillegg til kostnadene som er presentert i figur 3.1, blir det også årlig satt inn betydelig frivillig innsats, særlig i forbindelse med overvåking av rømt oppdrettslaks og nasjonale laksevassdrag. Det brukes også mye penger på forskning på villaks (se kapittel 3.2.2.3), og det er opprettet mange stillinger innen forvaltning (Direktoratet for naturforvaltning, Mattilsynet, Fiskeridirektoratet, genbankene o.l.), som jobber med kartlegging, synliggjøring og

kompensasjon for trusler på villaks. Alle kostnader knyttet til dette er ikke inkludert i regnestykket over, dermed kan anslaget på 130 millioner årlig sies å være et minimums-estimat.

En annen betydelig sum som ikke er inkludert i det overnevnte er alle kostnadene som vannkraftprodusenter tar for å opprettholde laksebestander i regulerte vassdrag. Dette kan være indirekte bruksverdier, avbøtende tiltak som bygging av fisketrapper og terskler, utlegging av gytegrus, fiskeundersøkelser, kultivering og genbankvirksomhet. Eksempelvis bruker Statkraft alene ca. 30 millioner kroner per år på kultiveringstiltak. Mange vannkraft-konsesjoner er pålagt å slippe en minstevannføring på den berørte elvestrekningen, og denne minstevannføringen er som regel høyere i laksevassdrag enn i andre vassdrag. Det er ikke foretatt en nøyaktig beregning av hvor mye dette utgjør i tapt produksjon av kraft, men et anslag er at det kan tilsvare en verdi på 1000 millioner kroner (dersom minstevannføringen utgjør rundt 2 TWh og kraftprisen er på 0,50 kr/kWh). De generelle konsesjonsvilkårene pålegger også vannkraftutbyggere å betale konsesjonsavgifter. Disse betales årlig til staten og til de kommunene som er berørt. I 2009 var summen betalt inn til statens konsesjonsavgift på 136 millioner kroner.

Også i oppdrettsnæringen blir det satt inn en rekke tiltak for å forebygge og motvirke negative effekter på villaksen. Dette gjelder spesielt tiltak for å bekjempe lakselus i oppdrettsanlegg, tiltak for å hindre rømming av oppdrettslaks, og gjenfangsttiltak når rømming oppdages.

### **3.2 Hvilke økosystemtjenester og verdier får vi fra villaks?**

Som vist i kapittel 3.1 spiller villaks på flere måter en viktig rolle i det norske samfunnet. Selv om villaks ikke lenger er en like viktig matkilde, er det høsting som i hovedsak er det viktigste bidraget i laksens betydning for mennesker. Blant de ulike typene økosystemtjenester som er presentert i kapittel 2.1, faller villaks først og fremst under det som kan karakteriseres som produserende og kulturelle tjenester. Villaks kan også til en viss grad være en støttende eller regulerende økosystemtjeneste, og også slike tjenester er identifisert.

Man kan dele den totale samfunnsøkonomiske verdien av villaks inn i bruksverdier og ikke-bruksverdi (tabell 2.2). Mens bruksverdien gjerne dreier seg om direkte og indirekte bruk, slik som ulike former for produserende økosystemtjenester (se kapittel 3.2.1) eller rekreasjonsverdien (se kapittel 3.2.2.2), handler ikke-bruksverdien om goder villaksen gir uten at man faktisk bruker den (Parkkila 2010). Dette kan for eksempel være eksistensverdi; gleden over å vite at naturen og laksebestandene eksisterer og er bærekraftige uten at man har planer om å utnytte denne ressursen selv. Ikke-bruksverdier blir ofte svært betydelige i samfunnsøkonomiske beregninger (NOU 1999:9).

Denne inndelingen viser at det kan være ulike grunner til å anse tilstedeværelsen av laksebestander som et gode uten at man selv utnytter ressursen, nemlig å vite at villaksen eksisterer i seg selv (eksistensverdi), å vite at andre mennesker kan utnytte godene villaksen



gir (altruistisk verdi) og til sist å vite at villaksen opprettholdes for framtidige generasjoner (arveverdi).

### **3.2.1 Produserende økosystemtjenester**

Den tydeligste produserende tjenesten villaks gir er fiskekjøtt, som er en attraktiv matkilde både nasjonalt og internasjonalt. Gjennom dette er villaks utgangspunkt for både selvberging, næringsfiske og fisketurisme. Alle disse tre fiskeriene høster laksekjøtt som har definerte økonomiske verdier knyttet til seg, i tillegg til den kulturelle betydningen. Gjennom historien har viktigheten av hver av disse tre formene for fiske variert, men vi vil her hovedsakelig beskrive dagens eller nyere tids situasjon. I tillegg til ulike former for fiske er villaks også viktig som genetisk ressurs. Vi har derfor delt kapittelet om produserende tjenester i tre deler: fritidsfiske, næringsfiske og genetiske ressurser.

#### *3.2.1.1 Fritidsfiske etter villaks*

Hvert år deltar over 100 000 mennesker i laksefiske i omtrent 350 elver (<http://www.dirnat.no/villaksportalen>). Det er over 10 000 landbrukseiendommer som har fiskerett i laksevassdrag og 1 000 forskjellige reiselivsbedrifter tilbyr tilrettelagt laksefiske (Meld. St. 9, 2011–2012). Dette er altså en viktig del av turismen og styrker næringslivet i mange norske bygder. Det er anslått at fiske etter villaks i de 50 viktigste elvene til sammen gir en omsetning på en milliard kroner hver sommer. En fjerdedel av dette går til grunneiere for kjøp av fiskerettigheter, mens resten havner i reiselivsbedrifter og i lokalmiljøet, slik som matbutikker, bensinstasjoner og sportsbutikker (<http://www.dirnat.no/villaksportalen>). Engelske bøker fra tidlig på 1900-tallet tyder på at store summer ble betalt for fiske i de mest populære elvene den gangen også. Utleiepriser på mellom 100 og 400 pund per sesong var ikke uvanlig, noe som tilsvarer 100 000–410 000 kroner i nåverdi (Hindar & Aas 2005). Potensialet for vekst i lakseturisme er antatt å være stort, og omsetningen kan nærme seg to milliarder kroner innen 2020 (Meld. St. 9, 2011–2012).

#### *3.2.1.2 Næringsfiske etter villaks*

Det er i dag få som driver næringsfiske etter villaks. Dagens sjøfiske er mer å regne som et husholdningsfiske og en fritidsaktivitet, kanskje med unntak av enkelte fiskere i Trøndelag og langs Finnmarkskysten. Næringsfiske (fiske med bunden redskap) i ferskvann drives kun i Tanavassdraget, Neidenelva og Numedalslågen. Dette fisket har trolig betydning både som husholdningsfiske, for å ivareta tradisjoner og rettigheter, og som rekreasjon. I tillegg kan det ha en viss kommersiell betydning for den enkelte. Noen personer har laksefiske som en av flere næringsvirksomheter og foredler enten fisken selv eller driver med videresalg. Dagens lokaløkonomiske betydning (brutto omsetning) av sjølaksefiske er beregnet til å være rundt 20 millioner kroner (<http://www.dirnat.no/villaksportalen>). Selv om næringsfisket i dag har mindre økonomisk betydning enn tidligere, er det fortsatt en kilde til mat. I tillegg har næringsfisket en kulturell betydning og er viktig for å ta vare på historiske tradisjoner (se kapittel 3.2.2). Sjøfiske kan også være en medvirkende årsak til å opprettholde bosetting i områder som har høy fraflytting (NOU 1999:9).



### 3.2.1.3 *Genetiske ressurser fra villaks*

En annen viktig produserende økosystemtjeneste fra villaks er genetiske ressurser. I et økosystemtjenesteperspektiv kan alle levende organismer sies å være genetiske ressurser som er nødvendige for å opprettholde biodiversiteten. En annen viktig grunn til å ta vare på genetiske ressurser er at organismer som vi i dag vet lite om kan vise seg å få stor betydning i framtiden, for eksempel innen medisin. Villaksen har gått sterkt tilbake i mange regioner, og i dag er omtrent en tredjedel av all villaks i Atlanterhavet fra Norge. Norge har derfor et særlig ansvar for å ta vare på villaksen.

Når det gjelder villaksens genressurser vurdert som økosystemtjeneste er det imidlertid ikke hovedsakelig disse generelle, allmenngyldige grunnene som er de viktigste for bevaring. Villaksbestandene er også en nødvendig genetisk ressurs for oppdrettsnæringen. Dagens oppdrettslaks er avlet frem fra et utvalg av ca. 15 norske villaksbestander, og sannsynligvis vil det bli nødvendig å hente frem nytt genetisk materiale fra villaks til oppdrett også i framtiden (St.prp. nr. 32, 2006–2007). På denne måten er de ville laksebestandene en slags «bank» for oppbevaring og sikring av genetisk variasjon som kan bidra til å løse fremtidige sykdoms- eller produksjonsproblemer i oppdrettsnæringen (NOU 1999:9). I tillegg kan ulike arvelige egenskaper også vise seg nyttige i bevarings- og restaureringssammenheng. Her er det viktig å huske på at villaksens tilbakevandring til heimeelva gjør at bestander fra ulike elver er genetisk forskjellige og lokalt tilpasset. Hver enkelt bestand er verneverdig og har genetiske sammensetninger som ikke kan gjenskapes dersom de går tapt

(<http://www.dirnat.no/villaksportalen>). Det er derfor viktig å ta vare på laksebestander fra mange ulike elver for å sikre et tilstrekkelig genetisk mangfold. Dette gjøres mest effektivt og økonomisk bærekraftig ved å sikre at bestandene kan eksistere som viltlevende livskraftige bestander. Genetisk innblanding av rømt oppdrettslaks i villaksbestander kan være en trusselfaktor for villaksens genetiske ressurs (se kapittel 5).

## 3.2.2 **Kulturelle økosystemtjenester**

Alle de produserende tjenestene som villaksen gir oss er også nært forbundet med flere kategorier av kulturelle tjenester. Det er langt flere mennesker enn de som selv driver med laksefiske som anser villaksen som en vesentlig del av vår norske kulturarv og et symbol på urørt natur og tradisjonell ressursutnyttelse. Slike verdier har stor betydning for menneskers livskvalitet. Vi har delt kapittelet om villaksens kulturelle tjenester i tre deler som omhandler villaksens symbolverdi, rekreasjonsverdi og verdi for kunnskap, læring og forskning.

### 3.2.2.1 *Villaksens symbolverdi*

Villaks er som tidligere nevnt en integrert del av norsk kulturhistorie. Den offentlige utredningen fra 1999 illustrerer hvordan laks er objekt både i helleristninger og malerkunst, og er fremhevet i alt fra eventyr, sagn, religion og diktning, til stedsnavn og språk (NOU 1999:9). Her nevnes også eksempler på håndverkstradisjoner knyttet til villaks, som konstruksjon av fangstinnretninger, fiskefluer, båter og bygninger, og at det hvert år utgis en rekke bøker om laks og laksefiske i Norge. Det er også flere steder som har laks i sitt kommune- eller byvåpen (f.eks. Grane, Nordreisa, Kvalsund og Mandal). Alle slike

eksempler viser at villaksen er et sterkt symbol i vår kultur. For enkelte grupper, for eksempel sjøsamer, er villaks og spesielt sjølaksefisket særlig viktig for kultur og bosetting langs kysten i Nord-Norge (<http://www.dirnat.no/villaksportalen>). Norsk laks er også en merkevare, og den norske villaksen markedsføres både i Norge og internasjonalt overfor sportsfiskere og turister. Blant annet har regjeringen uttalt at de ønsker å markedsføre laksefisketurisme som en del av strategien «Grønt reiseliv». Villaksens symbolverdi er også en viktig faktor for markedsføringen av oppdrettslaks (se kapittel 5.2.1.2).

### 3.2.2.2 Villaksens rekreasjonsverdi

Fritidsfiskere kan betale svært høye summer for fiskerettigheter, og denne betalingsviljen indikerer at det ikke kun er tilgangen på laksens kjøtt fiskere er opptatt av. Fiskere verdsetter også opplevelsen rundt fisket svært høyt. Denne verdien kan ikke fullt ut måles i pengesummen som fiskere legger igjen i fisket. I tillegg til naturopplevelsen under selve fisket, er det flere sider knyttet til naturbasert rekreasjon som kan ha positiv innvirkning på menneskers helse- og livskvalitet også i ettertid. Studier har vist at rekreasjon, fritidsfiske og andre naturopplevelser kan gi både psykiske og fysiologiske helsegevinster for den enkelte. For eksempel har det blitt vist at fritidsfiske kan bidra til avkobling og redusert stress, økt selvtillit, mindre fare for depresjon og bedre fysisk helse (Parkkila 2010). Dette kan gi økt livskvalitet og produktivitet i arbeidslivet også resten av året, noe som vanskelig lar seg måle kvantitativt (NOU 1999:9).

I tillegg til de personlige gevinstene har fritidsfiske også positive sosiale ringvirkninger for samfunnet. Laksefiske er en integrert del av den norske kulturen, særlig i lokalsamfunnene eller enkelte sosiale grupper. Gjennom felles fiskeinteresse kan villaksen være utgangspunkt for en viktig del av det kulturelle og sosiale livet som gir folk mening, for eksempel gjennom fiskeforeninger eller under felles markeringer som åpning av fiskesesongen og liknende (Parkkila 2010). En god illustrasjon på den store kulturelle betydningen av fiske etter villaks er den 24 timers direkte tv-sendingen av åpningen av laksesesongen som NRK viste i 2012 (<http://ut.no/artikkel/1.8112374>).

Fritidsfiskerne spiller også en viktig rolle knyttet til naturforvaltning og vern av naturressurser. De er ambassadører og lobbyister for bevaring av natur og rekreasjonsområder både som privatpersoner og gjennom interesseorganisasjoner. Videre betaler laksefiskere også en statlig fiskeravgift (i tillegg til fiskekort) og disse inntektene går til Statens fiskefond. Pengene i Statens fiskefond skal brukes til forvaltning og tiltak for bestander av laks, sjørørret og sjørøye, og en stor del blir overført til fylkesmennene til lokale fiskeformål. I 2012 utgjorde fiskeravgiften over 16 millioner kroner, innbetalt av 77 800 fiskere (<http://www.dirnat.no/fiskeravgift/>). Dermed kan fritidsfiske etter villaks også sies å ha en viktig samfunnsøkonomisk verdi knyttet til naturforvaltning, noe som kan kalles en økologisk verdi (Parkkila 2010).

Som nevnt i kapittel 3.1 er det også andre naturopplevelser knyttet til villaks enn selve fisket, for eksempel det å se laksen hoppe i fosser (inkludert lakseobservatorier) eller båtturer. En slik bruksverdi av villaksen vil i hovedsak ha de samme rekreasjonsverdiene knyttet til seg som

det som er beskrevet for fritidsfiske. Det er også vanlig innenfor økosystemtjenestetilnærmingen å snakke om opsjonsverdi, som er at personer som i dag ikke bruker villaks som ressurs, forbeholder seg retten til å kunne begynne å gjøre dette i framtiden (Parkkila 2010).

### 3.2.2.3 Villaksens verdi for kunnskap, læring og forskning

Fordi villaks er så viktig i det norske samfunnet, foregår det også mye forskning på laks. Lakseforskningen i Norge ble etablert i 1912, og i dag er norske forskere i verdensklasse innen forskning på anadrome laksefisk (Norges forskningsråd 2011). Mye av lakseforskningen har et anvendt fokus knyttet til forvaltning av villaksen, for eksempel effekter av vassdragsreguleringer og fysiske inngrep i elvene, bærekraftige laksebestander for fiske, effekter av rømt oppdrettslaks og liknende. I tillegg til den mer anvendte forskningen er det også mye grunnforskning på villaks, og resultatene som kommer fra forskning på villaks gir økt innsikt i generelle biologiske og økologiske prosesser som er relevant for flere arter. Fordi laks er en av de fiskeartene vi har mest kunnskap om, brukes laks ofte som modellorganisme for studier av mer generell karakter.

Et bilde på omfanget av lakseforskning i Norge vises av et søk i den vitenskapelige litteraturdatabasen ISI Web of Knowledge (foretatt 10. april 2013). Dette ga over 13 500 treff på artikler som omhandler laks (søkeord «Atlantic salmon»), og mer enn 900 av disse er studier som omhandler norsk laks (søkeord «Norway» eller «Norwegian»). Det er også en betydelig forskningsinnsats rettet mot oppdrettslaks, og slike studier er også inkludert i det overnevnte søkeresultatet (se kapittel 4.2.2.3).



Foto: Eva Thorstad

Direktoratet for naturforvaltning er den viktigste oppdragsgiveren for overvåkning og utredningsarbeid på villaks, og gir også støtte til forskningsprosjekter. Andre institusjoner som bidrar med finansiering til lakseforskning, er for eksempel andre statlige institusjoner (NVE og Fiskeridirektoratet), kraftindustrien og havbruksnæringen (NOU 1999:9). Norges forskningsråd har villaks som tema for forskningsprogrammet MILJØ2015 og hadde i årene 2001–2006 et eget program kalt VILLAKS som var finansiert av Miljøverndepartementet, Statkraft og Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF). Det totale budsjettet var på over 48 millioner kroner og 38 forskningsprosjekter fikk støtte (Sluttrapport Villaks, [http://www.forskningsradet.no/prognett-villaks/Sentrale\\_dokumenter/1233558332498](http://www.forskningsradet.no/prognett-villaks/Sentrale_dokumenter/1233558332498)). Det er mange institusjoner som forsker på villaks, for eksempel NINA, Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet, regionale forskningsinstitutter, Uni Miljø, LFI, NIVA, naturhistoriske museer, universiteter og høyskoler. Gjennom alle disse oppdragsgiverne og forskningsinstitusjonene er det mange personer som har sitt yrke knyttet til den kunnskapsproduksjonen vi får fra laks.

Villaks er også inkludert i utdanning, blant annet er det publisert mer enn 200 PhD-avhandlinger i Norge der laks er nevnt, og omtrent like mange master- og hovedfagsoppgaver (BIBSYS søkemotor for bibliotekene, søkeord «Atlantic salmon», også her omfatter søkeresultatet både oppdrettslaks og villaks). Som nevnt i kapittel 3.2.2.1 skrives det også årlig mange bøker om laks i Norge. Det er registrert over 200 norske bøker om laks i Nasjonalbibliotekets søkebase (Biblioteksøk, <http://www.nb.no/bibsok/start.jsf>).

### **3.2.3 Støttende og regulerende økosystemtjenester**

Laks er selv en medspiller i et rikt økosystem og kan i sitt naturlige samspill opptre som støttende og regulerende økosystemtjenester som igjen har betydning for prosesser og produktivitet i økosystemet.

#### *3.2.3.1 Næringsstoffer fra villaks*

Når laks dør og brytes ned, vil det organiske materialet bidra med næringsstoffer til økosystemet. Dette kan være et viktig bidrag til den biologiske produksjonen, for eksempel når laks som har vært i havet og vokst godt, kommer tilbake til de mer næringsfattige elvene. Flere arter stillehavslaks spiller en veldig viktig rolle for elveøkosystemer på denne måten, når svært store mengede laks vandrer tilbake hvert år. Da «farges» elva rød av laks, og de store mengdene laks som dør etter gyting bidrar til å gjødsle nedbørsfeltet og opprettholde biogeokjemiske sykluser (Naiman m.fl. 2002). Vår laks i Atlanterhavet opptrer ikke i så store antall som arter av stillehavslaks, og det er heller ikke alle individer som dør etter gyting. I Norge er laks derfor sannsynligvis en mer beskjeden bidragsyter til denne prosessen, men den kan nok likevel ha en viss betydning.

#### *3.2.3.2 Villaksens rolle i næringskjeden*

I elvenes økosystem er laksunger forholdsvis høyt oppe i næringskjeden, og særlig i de vest-norske vassdragene er det få andre fiskearter som har tilsvarende rolle. Laksunger er derfor sannsynligvis med på å regulere både biodiversitet og produktivitet på lavere nivåer i



næringskjeden i elver (Power 1990). Når laksesmolten svømmer ut i fjordene på vei ut i havet, er de utsatt for høy predasjonsrisiko. Akkurat i smoltutvandringsperioden spiller villaksen sannsynligvis en viktig rolle som matkilde for flere marine arter, slik som for eksempel torsk, sjøørret, nise og laksand (Hedger m.fl. 2011, Kålås m.fl. 1993, Middlemas m.fl. 2007). Ute i havet er villaksen høyt oppe i næringskjeden og har derfor potensielt en rolle i prosesser som reguleres ovenfra, såkalt «top-down»-regulering. Dette betyr at laksen kan bidra til å regulere mengden og populasjonsdynamikken av de byttedyrartene den spiser. Hvor stor betydning villaksen har i en slik prosess er likevel usikkert, ettersom villaks konkurrerer om byttedyr med flere og betydelig mer tallrike arter på tilsvarende nivå i næringskjeden.

#### 3.2.3.3 Villaksens habitatpåvirkning

Voksen laks i ferskvann kan gjennom sin gyteaktivitet med graving av gytegroper i grusen spille en rolle i endring av habitater. Dette gjelder spesielt på gyteplasser med stor konsentrasjon av laks.



Foto: Eva Thorstad

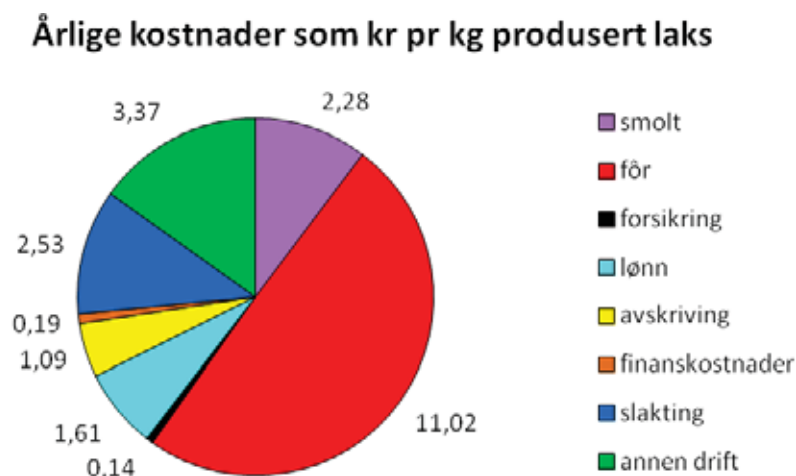
## 4 Oppdrettslaks som økosystemtjeneste

Med utgangspunkt i kapittel 1.1, der det forklares hvorfor rapporten velger å anse at økosystemtjenester kan vurderes i forhold til oppdrettslaks, vil det i dette kapittelet utredes nærmere hva slags økosystemtjenester som kan identifiseres.

### 4.1 Oppdrettslaksens betydning

Oppdrettslaks er per 2012 den mest verdifulle eksportartikkelen i Norge etter petroleumsproduktene. Laks utgjør langt over enn 90 % av norsk oppdrettsfisk (Fiskeridirektoratet 2012a). Lakseoppdrett er siden 2009 målt ut fra et bedriftsøkonomisk perspektiv. I et samfunnsmessig perspektiv vil den samlete verdien bli høyere på grunn av næring og handel som er utviklet rundt oppdrettsnæringen (Henriksen m.fl. 2012; SSB). Lakse- og ørretnæringen bidro i 2012 til ca. 4000 årsverk, og i tillegg kommer leveranser og utvikling innen teknologi, transport og samfunnsmessige ringvirkninger generelt.

Det knyttes en rekke kostnader til oppdrettsnæringen for at den skal kunne levere laks til konsum av høy kvalitet, samtidig som næringen skal utvikles og drives sikkert og forårsake minimalt med miljøpåvirkninger (figur 4.1; Fiskeridirektoratet 2012b).



**Figur 4.1.** Gjennomsnittlige kostnader per kg produsert laks i 2011 (Kilde: Fiskeridirektoratet 2012b).

**Figure 4.1.** Average costs invested per kg in the production of traded salmon in 2011 (Source: the Directorate of Fisheries, 2012b).

### 4.2 Hvilke økosystemtjenester og verdier får vi fra oppdrettslaks?

Det er særlig som en produserende tjeneste oppdrettslaksen har en svært høy direkte bruksverdi (Fiskeridirektoratet 2012a; b; Henriksen m.fl. 2012, tabell 2.2). Det er ikke så opplagt at det er ikke-bruksverdier knyttet til oppdrettslaks. Det er likevel ikke umulig å tenke seg. Ikke-bruksverdier må fortrinnsvis ses i sammenheng med i hvilken grad lakseoppdrett er bærekraftig. Ikke-bruksverdien vil være knyttet til at oppdrettslaksens arealbruk,



vanntilførsler og tilgang på råvarer til fôr som ikke forårsaker uønskede konsekvenser og samlet sett fremstår som først og fremst et gode. Om påvirkninger av oppdrett på naturen minimeres til et bærekraftig nivå vil en betydelig produksjon av sunn mat ha en faktisk og direkte bruksverdi, samtidig som arveverdi og altruistisk verdi oppnås når de direkte bruksverdiene fortsetter å gi glede til generasjoner av mennesker.

Oppdrettslaks kan også ha betydning for kulturelle økosystemtjenester, da særlig inn mot forskning og utdanning, men også indirekte bruksverdier i forhold til vannrensing, avgiftning og gjødsling. Samtidig kan den store tettheten av oppdrettslaks lokalt og regionalt ha betydning for produserende, kulturelle, regulerende og støttende økosystemtjenester i omgivelsene. Her kan det tenkes at opsjonsverdi kan være en aktuell verdi i form av antatte og ukjente gleder som kan bli koblet opp mot oppdrettsaktiviteten.

#### **4.2.1 Produserende økosystemtjenester**

Det er produksjonen av laks til mat som utgjør den aller mest opplagte og økonomisk verdifulle produserende tjenesten knyttet til oppdrett. I tillegg til matproduksjon, gir oppdrettslaks også andre produserende tjenester som fritidsfiske og ikke-konsumbare produkter, men i liten skala.

##### *4.2.1.1 Matproduksjon*

Oppdrett av fisk er økonomisk sett vår nest største eksportindustri, med alt som kan være aktuelt å nevne av temaer i den anledning. Salg av oppdrettslaks ga i 2012 en førstehandsverdi som er nær 32 milliarder kroner (Meld. St. nr. 22, 2012-2013, basert på Fiskeridirektoratet; SSB). Det ble i 2011 produsert 1 065 974 tonn, der samlet kostnad per kg var 23,17 kr (Fiskeridirektoratet 2012b). Dette innebærer tilrettelegging, sysselsetting, miljøeffekter, teknologiutvikling, offentlig forvaltning, FOU, kunnskap og mye annet. I tillegg til verdiskaping fra oppdrett i seg selv er det beregnet at hver krone i kjerneaktiviteten gir en verdiskaping på 0,60 til 0,80 kroner i andre næringer (Henriksen m.fl. 2012). Total verdiskaping i form av bidrag til BNP fra akvakultur, inkludert ringvirkninger, var i 2010 om lag 2,4 milliarder kroner (Henriksen m.fl. 2012). Akvakultur, der laks utgjør over 90 % av produksjonen, er derfor en betydelig faktor i norsk verdiskaping.

##### *4.2.1.2 Biprodukter*

Avskjær og død fisk fra lakseindustrien brukes i en del bioraffineringsprosesser, og avskjær brukes til produksjon av dyrefôr. I tillegg er det verdiskaping knyttet til ensilering av avskjær fra fiskeindustrien (St.meld. nr. 19, 2004-2005), garvet fiskeskin (Hansen m.fl. 2008) og til skinnartikler, som gelatinkilde (J.A. Arnesen, NOFIMA, pers. medd.), mens klekkeenzymmer fra lakseegg er benyttet i hudkrem (Røsjø 2005; Ressem 2006). Dette er i liten skala i forhold til matproduksjonen.

##### *4.2.1.3 Genetiske ressurser*

Det er utviklet flere genetiske forskjellige avlslinjer av oppdrettslaks, både i det nasjonale avlsprogrammet som ble startet opp på 1970-tallet og innenfor ulike private aktører (Gjøn &

Bentsen 1997). I dag er de store avlsselskapene private med AquaGen, Salmobreed og Marine Harvest som de største. Avlslinjene representerer genressurser for oppdrettsnæringen, både i Norge og i andre land.

#### *4.2.1.4 Fritidsfiske*

Ved uhell og større rømminger er det i en tid også økt tilgang på oppdrettslaks fritt i sjøen, og fritidsfiskere kan fiske på denne fisken med stenger og garn (Skilbrei & Jørgensen 2010), og eventuelt også spise den om den er ren for medisiner. I enkelte elver der villaks ikke forekommer, er det etablert utstrakt laksefiske likevel, med fiskere som betaler avgift for å fiske rømt oppdrettslaks, som f.eks. ved kraftverket i Matre i Hordaland. Det er anslått at dette fisket er oppe i flere tonn for sesongen (O. Skilbrei, Havforskningsinstituttet, pers. medd.).

### **4.2.2 Kulturelle økosystemtjenester**

Oppdrettslaksen er som en ny næring også en del av ny norsk kulturhistorie. Den har blitt et bilde på fornying av tradisjonelt sett små og sosialt isolerte kystsamfunn som gjennom oppdrett har fått en ny sysselsetting og økonomisk giv. Vi har vurdert oppdrettslaksen i perspektiv av de samme tre kulturelle tjenestene som villaks, symbolverdi, rekreasjonsverdi og verdi for kunnskap, læring og forskning.

#### *4.2.2.1 Oppdrettslaksens symbolverdi*

Norsk oppdrettslaks blir markedsført internasjonalt som et sunt produkt fra rene og friske farvann. Målsettingen for oppdrettsforvaltningen er at dette skal være troverdig. Lovverket, forvaltningsmål og markedsføring bygger sterkt på norsk identitet i form av ren og vakker natur, der oppdrettsanlegg i sjø er en naturlig del. Verdien av en positiv oppfatning av nasjonal identitet må antas å være høy, og blir også støttet av betydelige offentlige midler, der Norges sjømatråd hadde et budsjett på over 400 millioner kroner i 2012 (<http://www.seafood.no/>).

#### *4.2.2.2 Oppdrettslaksen rekreasjonsverdi*

Det er åpnet opp for at folk kan ta oppdrettet laks på garn fra 1. oktober til 28. februar i mange av fjordene våre, noe som av flere er sett på som positivt og øker rekreasjonsverdien av fisket om vinteren (Skilbrei & Wennevik 2006). Samtidig har intervjustudier vist at mange laksefiskere i elvene er mindre interessert i å fange rømt oppdrettslaks enn villaks (Olaussen & Liu 2011), og at de har mindre betalingsvillighet for å fiske laks i elver der det er mye rømt oppdrettslaks. I tillegg kan rømt oppdrettslaks ha negativ effekt på de ville laksebestandenes levedyktighet og produktivitet (se kapittel 5.1.2).

Plassering av lakseanlegg i tidligere tilsynelatende urørt natur har ført til tap av områder med høy rekreasjonsverdi og kan derfor kategoriseres som problematisk i forhold til kulturelle økosystemtjenester. Samtidig er det investert store verdier ved forbedret kommunikasjon og tilkomst via nye veier og broer til attraktive rekreasjonsområder langs kysten. Dermed har oppdrettslaksen indirekte ført til økt adgang og dermed økt areal for tilgjengelig rekreasjonsareal, og dermed et samfunnsgode. I Norge anses uberørt natur som attraktivt,

mens menneskelige inngrep oftest framstilles som negativt. Dette er en relativ ny kulturell oppfatning som har endret seg gjennom det siste hundreåret. Velholdt kulturlandskap og tradisjonsbasert landbruksland oppfattes som vakkert, i motsetning til høyeffektivisert naturutnyttelse med de konstruksjoner og utstyr det medfører. I tidligere tider ble derimot modernisering og teknologi ansett som attraktivt og kilde for opplevelsesverdier (Husa m.fl. 2013). Lakseoppdrett er en ny næring, og det kan forventes at det over tid kan skje endringer i hvordan folk vurderer de synlige konstruksjonene det medfører.

#### *4.2.2.3 Oppdrettslaksens verdi for kunnskap, læring og forskning*

Norge har som visjon å være verdensledende innen oppdrettsforskning (Norges forskningsråd 2012). Totalt ble det innen marin forskning og utvikling i 2011 ført statlige utgifter i omfang av 31 % av totalutgiftene innenfor området ”Havbruk inkludert kombinasjonen fangst og havbruk”, i alt 988 millioner kroner (Sarpebakken m.fl. 2012). Totalt var utgiftene til havbruksrelatert FoU beregnet til 1,4 milliarder kroner, der lakseforskning fikk vel tre fjerdedeler, ca. 1,1 milliarder kroner.

Denne forskningen dekker et bredt spekter av kunnskapsinnhenting, fra teknologisk utvikling for oppdrettsanlegg, biologisk forskning som spenner fra laboratoriestudier på mikrobiologi, genetikk og endokrinologi, til vekst og atferdsstudier, økologi i forhold til samvirke mellom oppdrettsanlegg og det naturlige livet i sjøen, medisin og toksikologi, human forskning innen ernæring og samfunnsrelaterte spørsmål som næringsutvikling og markedsdynamikk. Kunnskapen som kommer fra forskning på oppdrettslaks kan dermed være viktig også for andre samfunnsområder enn oppdrettsnæringen. Se også kapittel 3.2.2.3 som beskriver omfanget av forskning på laks i Norge.

På grunn av den store betydningen laks har i oppdrett og de sterke forskningsmiljøene som allerede var etablerte, ble det i 2007 avgjort at atlantisk laks skulle være modell for kartlegging av det komplette genomet til en laksefisk (Davidson m.fl. 2010). Laksens genom som ble delvis publisert i 2010, gjør det i ettertid langt raskere å kartlegge andre laksefisk.

### **4.3 Økosystemtjenester som innsatsfaktor for lakseoppdrett**

Næringen skal gi en rik produksjon, men samtidig i så liten grad som mulig ha negativ påvirkning på det opprinnelige miljøet oppdrettsmerdene er plassert i. Det pekes på at blant annet tetthet av anlegg og mengden av fisk i forhold til strøm og topografi er en medvirkende faktor til miljøutfordringene næringen har, slik som rømning, spredning av parasitter og sykdom, samt utslipp til bunnen og vannsøylen omkring anleggene. Kommunale arealplaner tar i liten grad hensyn til miljøpåvirkning ut over kommunens grenser.

Oppdrettslaks opptrer langs kysten i store tettheter, i faste konstruksjoner, merdene, som med sine nettvegger opptrer både som et hardbunnshabitat og som samtidig lar fôr og avføring slippe ut i vannmassene rundt anlegget. Både tilføring av nytt habitat og utslipp av naturlige næringsstoffer fra oppdrettslaksen vil virke inn på det naturlige økosystemet, og vil under

optimale forhold føre til en økt tilgang på marine ressurser som igjen blir brukt som samfunnsgoder. Også for oppdrettslaksen er det viktig at anleggene legges optimalt, så de får en konstant tilgang på rent, friskt vann og unngår smitte fra andre anlegg. Videre i dette underkapittelet blir det tatt opp tjenester og dessuten andre naturlige forhold som er viktige for oppdrettslaks, mens i kapittel 4.4 blir påvirkningene fra oppdrettslaks på naturen generelt beskrevet.

#### **4.3.1 Produserende økosystemtjenester som oppdrettslaks trenger**

Oppdrettslaks trenger en stabil og sikker vannforsyning gjennom hele livssyklusen og slakteprosessen. I henhold til MA (2005), TEEB (2010) og det europeiske klassifiseringssystemet for økosystemtjenester (CICES 2013) er dette en produserende økosystemtjeneste. I klekkeriene og smoltanlegg er rent vann en viktig faktor. Når det kreves 1 m<sup>3</sup> vann i minuttet per 100 000 settefisk og det i 2011 var registrert 275 millioner lakseyngel i anleggene, må vannforbruket på landsbasis ha vært på rundt 2750 m<sup>3</sup> rent ferskvann per minutt (Fiskeridirektoratet, <http://www.fiskeridir.no/statistikk/akvakultur/statistikk-for-akvakultur/laks-regnbueoerret-og-oerret>).

Fôrproduksjonen til lakseoppdrett er avhengig av at det høstes tilstrekkelig med fôrfisk av god kvalitet til de nødvendige marine fettsyrene og proteinet laksen trenger for å vokse og oppnå høy kvalitet. God og kunnskapsrik forvaltning av fôrfiskhøstingen er viktig, for å unngå overbeskatning og bestandssvikt, blant annet av viktige bestander av lodde og tobis, samt importert fiskeråstoff fra andre land. En internasjonal forskergruppe beregnet i 2009 at innsatsfaktoren i lakseoppdrett i form av marine fisker som brukes til fôr, er fem ganger så stor som selve oppdrettsproduksjonen (Naylor m.fl. 2009). En norsk forskergruppe utfordret nylig disse beregningene, og fant ved en annen beregningsmåte et betydelig lavere forbruk av marine råvarer per kg produsert oppdrettslaks enn det rapporten til Naylor m.fl. bygget på (Torrissen m.fl. 2011). Dette er bl.a. basert på at en stor del av råvarene i laksefôret kommer fra landbaserte kilder, og en stor del av de marine råvarene i laksefôret kommer fra avskjær fra fisk. På grunn av at laksen har svært effektiv fôrutnyttelse sammenlignet med mange andre dyr, og at den marine råvareandelen i moderne laksefôr er mye lavere enn før, regner en med at det i dag går tilnærmet like mye marine råvarer til å produsere oppdrettslaksen i Norge som selve produksjonen av oppdrettslaks. Dette betyr at med dagens fôr går det om lag 1 kg marine råvarer til å produsere 1 kg oppdrettslaks (Trygve Berg Lea, Skretting AS, pers. komm.). Det ble i 2010 nyttet 1,25 mill tonn fiskefôr i Norge til oppdrett av ca. 1 million tonn laks, der både vegetabiliske og marine råstoffer inngikk (Torrissen m.fl. 2011). Produksjon og distribusjon av dette fôret omfatter arbeidsplasser innen skipsfart og handel, fiskeriflåten, fiskemel og -oljeproduksjon til fôrproduksjon, transport og avfallsensilering.

#### **4.3.2 Støttende og regulerende økosystemtjenester som oppdrettslaks trenger**

Kvalitet og mengde laks som kan produseres i landbaserte anlegg og oppdrettsmerder avhenger ikke bare av vanntilførsel, men også vann- og sjøtemperatur, strømforhold, dyp og bunnforhold. I tillegg kommer gode driftsrutiner og individtetthet i merden. Selv om oppdrettslaks i stor grad er avhengig av menneskeskapte miljø og fôrtilgang er regulert via

dataprogram og menneskelige beregninger, så er naturlig vannrensing i sjø gjennom uttynning og nedbryting, blant annet fra bunndyr, av stor betydning (MA, 2005; TEEB, 2010; CICES 2013). Lokalisering av anleggene er avhengig av tilgang på disse økosystemtjenestene.

Det må være gode resipientforhold, både fysisk i form av strøm og dybde for at uttynning av næringssalter kan skje, og biologisk, der bunndyrssamfunnet opptre som en viktig økosystemtjeneste. Et lakseanlegg må ha konsesjon i henhold til oppdrettsloven og de gjeldende forskriftene for å legges ut på en lokalitet. Konsesjon kan gis dersom lokaliteten har tilstrekkelig grad av vanngjennomstrømming av rent sjøvann, tilstrekkelig dybde, skjerming fra bølger og tilstrekkelig avstand fra sårbare bunntyper og -arter, gyte- og oppvekstplasser for verdifull fisk, som kysttorsken, samt områder satt av til låssetting og annet fiske som er særlig knyttet til bestemte kystlokaliteter. Det er dessuten satt minsteavstand mellom aktive anlegg. I tillegg vil vekst og kvalitet være avhengig av temperaturforhold og renhold, som rensing av begroingsorganismer på merd. For å unngå sykdom er rent vann en forutsetning.

En viktig faktor som virker regulerende er smittepress, både på oppdrettsfisk og på villfisk. Dette er et stort problemområde for oppdrett. Oppdrettslaks i store tettheter i sjøanlegg vil utgjøre både en tiltrekning og en kilde til spredning av parasitter og sykdom. En lav konsentrasjon av patogener i oppdrettsmiljøet er viktig for å unngå tap og kvalitetsreduksjon på laksen. Det er nødvendig å forstå samvirkningen mellom vert og patogen for å forstå hvordan lakseproduksjonen blir regulert.

Lakselus er en patogen organisme som utgjør et særlig betydelig problem. Det er tatt i bruk indikatorer og grenseverdier for lakselusinfeksjon på både oppdrettslaks og villaks (se kapittel 5), basert på beregninger av tetthet av smittsomme lakselusstadier (copepoditter) og regional tilstandsvurdering av lakselusinfeksjon i hele landet.

Samvirke mellom oppdrettslaks og alle disse komponentene avgjør til en stor grad om oppdrettsanlegget produserer frisk laks. Strøm, rent vann, større dyp og skjermet farvann er komponenter som er vanlig langs kysten av Norge, men det er likevel ikke ubegrenset mengde optimale lokaliteter, særlig når en vurderer alternativ bruk av de samme lokalitetene. Dette kan være marine økosystemtjenester (ville dyr og planter som har egenverdi som sjømat eller nytte på andre samfunnsviktige måter) og for arealbruk til andre næringer.

#### **4.4 Påvirkninger fra oppdrettslaks på marine økosystemtjenester**

Siden oppdrettslaks produseres i stort volum langs store deler av norskekysten, er det mange økosystemtjenester som påvirkes i større og mindre grad av oppdrett. Det gjelder både vannkvalitet, bunnforhold, artsmangfold, økologiske prosesser og ville fiskearter. Det er et vidt spekter av mulige påvirkninger, fra positive til negative. Her vil vi se nærmere på hvilke marine økosystemtjenester som påvirkes av oppdrettslaks med fokus på økosystemtjenester i nærområdet til anleggene. Dette gjelder særlig utslipp som forårsaker endring i næringsstoff eller tilførsel av fremmede stoffer. Interaksjoner mellom oppdrettslaks og villaks vil behandles for seg i kapittel 5.



#### 4.4.1 Eutrofiering og skadelige stoffer

Lakseoppdrett fører til endringer som kan opptre som regulerende eller støttende på produksjonen og verdisetningen av andre økosystemtjenester i nærområdet, men det kan også ha skadelige påvirkninger. Avfallshåndtering, deriblant en økosystemtjeneste som naturlige renseevne, er viktig i for oppdrettslaks. I ferskvannsanleggene for laksens unge livsstadier vil eventuelle utslipp bli fanget opp i renseanlegget, mens konsentrasjon av oppdrettslaks i sjøanlegg medfører et økt utslipp av næringsstoffer og risiko for utslipp av farlige stoffer. Denne rapporten har ikke trukket inn beregninger for hva det koster å bevare naturlig marin næringsnettdynamikk, biodiversitet og habitat langs kysten slik det er nødvendig for å opprettholde leveranser og andre økosystemtjenestefunksjoner fra ville alger, planter og dyr skal opprettholdes. Det følgende er en oppsummering av hva slags påvirkninger laks i oppdrett kan påføre naturen. Spørsmålet er om det er påvirkninger fra oppdrettslaks som kan regnes som regulerende eller støttende økosystemtjenester, eller om påvirkningene kun må betegnes som unaturlige skadevirkninger.

Eksempel på oppdrettslaksens regulerende virkning er eutrofiering og nedslamming som kan forekomme i forbindelse med oppdrettslaks i sjøanlegg. Utslipp av næringsstoffer er likevel en påvirkning som kan påføre naturen endringer som strekker seg fra små utslipp i forhold til spredningsgraden og kan føre til en berikelse, eller en stabilisering av næring over tid. Ved hjelp av naturlig renseevne kan utslipp av næringssalter fra oppdrettsfisk føre til berikelse av nærområdet, med økt produksjonen av naturlige økosystemtjenester som alger, bunndyr og fisk. Ved oppkonsentrering på grunn av manglende spredning, vil næringsstoffutslippene derimot føre til eutrofiering i vannmassene og nedslamming av bunnen, og dermed være skadelig for nærområdet. Også en økosystemtjeneste som avgiftningsevne, for eksempel filtrering av hos skjell, kan virke regulerende på graden av generell negativ påvirkning fra oppdrettslaks og impregnerte nøter, selv om dette vil kunne virke skadelig på selve organismen. Det er derfor strenge krav til utslipp av giftstoffer i forbindelse med oppdrett.

Valg av oppdrettslokalitet i forhold til vannutskifting, dyp og arts mangfold er regulert gjennom lov og forskrifter for å unngå at anleggene påvirker lokaliteten negativt og fører til at miljøet utvikler seg i en uønsket retning. Verdien av plassering av anlegg kan beregnes økonomisk i forhold til produksjonsverdien av laks, men det er ikke utredet hvordan endringer i vannmiljø kan kvantifiseres. Hvis en slik kvantifisering gjøres kan den samfunnsøkonomiske verdien av å unngå inngrep i naturen sammenliknes med verdien av lakseoppdrett, noe som ville være et hjelpemiddel når oppdrettskonsesjoner skal vurderes i framtiden.

Siden opp til 20–30 % av det tilførte fôret kan komme ut som ekskrementer og direkte fôrspill, vil bunnen under et anlegg utgjøre en matkilde, så lenge bunnen holdes oksygenrik av vannstrømmen. Det kan gjennom fettsyreanalyser påvises at børstemark, sjøpølse, reker, sjøkreps, trollhummer, smørflyndre og torsk beiter på fôrspill og ekskrementer fra lakseoppdrett (Olsen 2013).

Lokal eutrofiering opptrer særlig om vannutskiftingen ved lokaliteten er for dårlig, mens strømmønster avgjør hvor mye sedimentering som oppstår, og over hvor stort område. For

stor tetthet av anlegg vil kunne føre til en overlappende påvirkning med en økt påvirkning på bunnen (Husa m.fl. 2013). Det er viktig at utslippene er begrenset og at vanngjennomstrømmingen fører til en rask og god fortykning av utslipp. Sårbare og verneverdige områder er særlig følsomme og har spesifikke krav til miljøfaktorer. Disse er særlig utsatt. Det er foreløpig ingen metode for å beregne verdiendringer knyttet til vedlikehold av biokjemiske sykluser og sedimentasjon, men det bør være mulig å beregne tilgang til egnet og mindre egnet oppdrettsareal langs kysten, som igjen kan ha betydning for beregning av det potensielle oppdrettsvolumet.

Utslipp av næringssalter og organisk materiale kan altså ha både positive og negative effekter på andre økosystemtjenester i nærområdet rundt oppdrettsanlegg. Dette er avhengig av mengdepåvirkning i forhold til lokalisering, uttynning, oppdrettsteknologi og drift, samt eventuelt en kombinasjon med multitrofisk akvakultur som utnytter utslippene til nye økosystemtjenester.

Skadelige stoffer blir på ulike måter nyttet i oppdrett. Disse er i seg selv en investering som oppdretter må ta for å støtte lakseproduksjonen, men der tiltak for å hindre skader på det naturlige økosystemet nødvendigvis er viktige. Det skilles mellom legemidler og andre fremmedstoffer (Samuelsen og Grøsvik 2013). Dette er imidlertid en åpenbar negativ påvirkning om det sprer seg ut i miljøet rundt anlegget, og kan skade naturlige økosystemtjenester, for eksempel ved å gjøre fisk og bunndyr uspiselige, eller i verste fall redusere naturlige bestander ved å forhindre naturlig reproduksjon eller ved å øke dødeligheten i bestanden.

Legemidler har det vært og er fokus på, for å minimere bruken. Disse er å regne som en undergruppe av skadelige stoffer. Det er strenge krav til bruk og dosering, som per 2011 ga en stadig nedgang i bruk og mengde av antibakterielle midler (Samuelsen og Grøsvik 2013). Det er fremdeles i bruk flere antiparasittære midler, som kan gis i fôret eller som bad. Det er enklest å administrere medisin ved fôring, men spredning av middelet anses som mindre ved bading. Det er klart at lakselusmidler også tas opp av bunnlevende krepsdyr. Lave konsentrasjoner kan måles opptil 8 måneder etter eksponering. I hvilken grad de lave konsentrasjonene skader krepsdyrene er ikke kjent, men det er stort behov for bedre kunnskap om mulige langtidseffekter. Dette er uløste problemstillinger som vil kreve investeringer for at bunnlevende krepsdyr, bl.a. verdifulle arter som taskekrabbe og hummer, kan være sikret mot kontaminering.

Blant andre fremmedstoffer som kommer i kontakt med det naturlige miljøet rundt et oppdrettsanlegg er det særlig miljøgifter i form av antibegroingsmidler og også miljøgifter i laksefôret som er trukket fram (Samuelsen og Grøsvik 2013). Dette er ofte bestandige stoffer som akkumuleres i næringskjeden, som halogenerte organiske forbindelser og tungmetaller. Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) måler på fremmedstoff årlig i fiskefôr, og finner gjennomgående nivåer som ligger lavere enn de satte grenseverdiene. Lave verdier er viktig for å kunne garantere at matprodukter fra oppdrett er trygge å spise.

Kobber er viktig ingrediens i begroingsmiddel på not. Siden 2005 har det vært forbudt å slippe ut vann fra impregnering og vask for å unngå å spre kobber i miljøet. Det samme gjelder begroingsrester med innhold av antibegroingsstoff. Kobber har ikke vist seg å ha langtidseffekter eller evne til opphoping i næringskjeden, og er derfor ikke prioritert innen miljøfarlige stoffer av Klif. Det blir derfor anbefalt at miljøproblemer må vurderes i enkelttilfeller (SFT 2007).

Kostnader til produksjonsfremmende stoffer som medisin og antibegroingsmidler er en nødvendig utgift for lakseoppdrett for å opprettholde en produksjon av frisk fisk. Samtidig er forskrifter gitt for at disse stoffene ikke skal opptre i mengder som overstiger gitte grenseverdier. Da de har en regulerende betydning for naturlige økosystemtjenester, som produksjon av trygg sjømat, skal skadevirkninger begrenses eller helst hindres. Eventuelle kostnader ved forgiftning av marine arter er imidlertid ikke kjent.

#### **4.4.2 Oppdrettslaksens effekt på biogeokjemiske sykluser**

Utslipp av næringsstoffer vil, i tillegg til den direkte effekten på organismer nær oppdrettsanlegg, påvirke i en større geografisk skala. Dette gir tilsynelatende mest effekt i indre områder enn i de mer dynamiske, ytre kystområder. Ved å påvirke den biogeokjemiske syklusen vil oppdrett ha effekt ikke bare på enkeltarter, men på artssammensetningen generelt i anleggets nærområde, som gjennom en viss økning i næringstilgang kan gi økt mengde fisk og bunndyr (se kapittel 4.4.3). Karbon- og nitrogensyklusene blir endret med en høy grad av bakteriell virksomhet med fare for oksygensvikt og ulevelige forhold for bunndyr (Husa m.fl. 2013). Dette er et problem som havbruksforskriftene skal hindre. Særlige undersøkelser i høyproduktive oppdrettsregioner som Ryfylke og Hardangerfjorden viser likevel at det inntil 2013 er en god til meget god vannkvalitet i disse to oppdrettsintense regionene, og beregning av oksygenforbruket på fjordbunnen tyder på en liten effekt av oppdrett på bunnsedimentene i regional skala (Husa m.fl. 2013).

#### **4.4.3 Oppdrettslaksens effekt på næringsnett-dynamikk og biodiversitet**

Lakseanlegg har til tross for en streng regulering flere markerte effekter på plante- og dyrelivet i sin umiddelbare nærhet. Utslipp av næringsstoffer og skadelige stoffer er nevnt (kapittel 4.4.2). Også andre naturlige støttende økosystemtjenester påvirkes, som næringsnettdynamikk, så vel som biodiversitet. Det er ikke gjort økonomiske eller andre verdisettingsberegninger på slike effekter, men eksempler på faktiske endringer de innebærer for økosystemet blir presentert.

Et eksempel er at merdene i seg selv påvirker på naturen i form av å tilby fast substrat og som når de er fulle av laks, utgjør store undervannsformasjoner som vil gi lokale endringer i turbulens og strømmønstre. Et annet eksempel er at merdene er et kunstig substrat der fastlevende organismer fester seg og dyr søker skjul (Dempster m.fl. 2009). Et tredje eksempel er når kontinuerlig lyssetting som benyttes for å styre laksens kjønnsmodning og vekstrate, trekker til seg raudåte. Sammen med fôrspill kan dette endre biodiversiteten rundt anlegg, men også samtidig øke næringsgrunnlaget for lokale fiskebestander (Dempster m.fl.

2010; Otterå m.fl. 2013, og referanser gitt der). Dette er mulig at dette kan gi verdiøkning i andre økosystemtjenester enn laksen selv, men dette er ikke kjent og vil derfor være opsjonsverdier, om opsjonsverdi tolkes som verdier som ikke er utnyttet eller ukjent (de Groot m.fl. 2002; Pagiola m.fl. 2004; Magnussen m.fl. 2009).

Selv om oppdrettsmerder er kunstige habitat, så vil de, sammen med lyssetting og lett tilgang på næringsstoffer, påvirke ville marine arter i betydelig grad. De kan lokalt påvirke både vandringsmønster og artssammensetning på alle trofiske nivåer; plankton, andre evertebrater, fisk, fugl og pattedyr, altså hele næringsnett og dynamikken i dette.

Planteplankton kan tenkes å utnytte karbon og nitrat, men da dette spres raskt, er det ikke påvist oppblomstring som er direkte knyttet til anlegg utover naturlig variasjon selv om det er påvist en økning på rundt 10 % inne i fjordarmeer med dårlig vannutskifting (Husa m.fl. 2010). Dyreplankton tiltrekkes imidlertid til opplyste anlegg, og vil i seg selv tiltrekke seg planktonbeitende fisk. Basert på videoopptak og akustiske målinger, er det beregnet at omfanget av villfisk, særlig torskefisker, rundt anlegg kan være fra 10 til 40 tonn innenfor en radius av 5 meter fra anlegget, til flere hundre tonn i en videre omkrets.

Torskefisk er i seg selv verdifull matfisk og derfor en tydelig økosystemtjeneste. For sei kan det se ut som tilgangen på fôrspill kan endre vandringsmønsteret. Seien er en naturlig vandrør som normalt drar ut i havet når den vokser til (Nedreaas 1987). Det er vist i noen områder at den opptrer som kyststasjonært i områder med lakseoppdrett (Otterå & Skilbrei 2012). I hvor stor grad dette er tilfeldig, er ikke kjent, da andre studier ikke har påvist det samme (Johnstone & Bjordal 1993).

Fritidsfiske kan være mer attraktivt i områder som er berørt av nærliggende lakseanlegg. Dette kan øke rekreasjonsverdien i området, så vel som utbytte av fritidsfiske. Det har samtidig vært trukket fram som en negativ konsekvens for fiskerne at sei som tiltrekkes av oppdrettsanlegg blir mindre tilgjengelig for tradisjonelt fiske fordi det er fiskeforbud rundt oppdrettsanlegget, samt at kvaliteten på fisken forringes hvis de spiser mye ekskrementer og oppdrettsfôr.

Flere kommersielle fiskearter gyter på kysten og trekker til faste gyteplasser som må ha fysiske kvaliteter som legger til rette for suksessfull reproduksjon, som dyp, strømforhold, temperatur og annet (Aglen m.fl. 2012; Myksvoll m.fl. 2013). Siden slike gytefelt er viktige for sild og lokale bestander av kysttorsk er knyttet til spesifikke gyteplasser som har vist seg å være i konflikt med pågående og planlagt oppdrettslokalisering, er det i gang en kartlegging av kysttorskens gyte- og oppvekstfelt.

Sild og torsk bidrar i seg selv med verdifulle økosystemtjenester som må veies opp mot verdien av lakseoppdrett lokalt. Det er uklart om laks i anlegg kan forstyrre naturlige gytefelt, ved å oppta areal eller ved å forstyrre vandringer eller gjenkjennelse av en gyteplass (Sæther m.fl. 2007; Svåsand m.fl. 2002; Bjørn m.fl. 2009). Orienteringsevnen for sild og torsk er ikke utforsket. Atferd er imidlertid et komplisert forskningsfelt, der det er utfordrende å få på plass

tilstrekkelig god forståelse for sammenhenger til å kunne trekke konklusjoner i forhold til i hvilken grad lakseoppdrett påvirker produksjon av villtorsk eller sild eller andre kystgytende arter.

Lakseanlegg tiltrekker seg også fiskespisende fugl som holdes unna laksen med nett, og pattedyr som mink og oter som kan rive hull i merdveggene (Van Dijk m.fl. 2011). Disse dyrene vil likevel fange vill fisk som står rundt anleggene.

Det er i undersøkelsene i Ryfylke og Hardanger (Husa m.fl. 2013) stort sett ikke funnet betydelige endringer mellom artsdiversitet beskrevet på 1950-tallet og 2012, bortsett fra en viss nedgang i biodiversitet i Jøsenfjorden og økning i andel opportunistiske arter i ytre Hardangerfjorden. Dette gjelder også bunndyr. Det vil være behov for fortsatt innsats i å overvåke særlig sårbare områder for å påvise eventuelle behov for nye tiltak for å opprettholde et opprinnelig rikt dyre- og planteliv som grunnlag for en verdifull marin kystnatur med sitt mangfold av økosystemtjenester.

Lakseoppdrett har gjennom bruk av leppefisk til avlusing ført til utvikling av en ny næring som samtidig kan gi økologiske problemer. Leppefisk som rensefisk for avlusing av oppdrettslaks reduserer behovet for medisiner (Mortensen & Karlsbakk 2013; Mortensen m.fl. 2013). Det ble i 2011 omsatt 10 millioner villfanget leppefisk til lakseoppdrettere for 25 millioner kr (Fiskeridirektoratet, 2012b).

Flytting av leppefisk mellom regioner kan potensielt føre til spredning av patogener, men kunnskapsgrunnlaget er svakt da helse hos leppefisk ikke er godt undersøkt. Rømming av innført leppefisk kan tenkes å ha genetisk påvirkning av stedegen stamme eller representere utslipp i områder der arten ikke naturlig hører hjemme. Uttak av leppefisk kan i verste fall ha et omfang som kan gi mulig endring av naturlig biodiversitet og for økosystemprosesser ved kysten. Det er stort behov for bedre kunnskap om hvordan det intensive fisket, til dels i leppefiskens gyteperiode, påvirker lokale leppefiskbestander, og hvilke økosystemeffekter dette har.



## 5. Interaksjoner mellom oppdrettslaks og villaks

For både villaks og oppdrettslaks er det i kapittel 3 og 4 påvist en rekke eksempler på mulig økosystemtjeneste-verdisett som er illustrert i tabell 5.1. Tabellen er satt opp etter en figur ved Pascula m.fl. (2005).

**Tabell 5.1.** Tabellen illustrerer ulike ØT-verdityper som er funnet aktuelle for henholdsvis villaks og oppdrettslaks (basert på tabell 2.2 og Pascula m.fl., 2005)

**Table 5.1.** This table illustrates some of the different ecosystem service value categories identified for wild and farmed salmon, respectively (based on table 2.2 and Pascula et al., 2005).

						Villaks	Oppdretts- laks
Total samfunns- økonomisk verdi	Bruks- verdi	Faktisk verdi	Direkte bruksverdi	Konsumerbart uttak	Avlinger, husdyr, fiskerier, høsting av naturen, havbruk	X	X
				Opplevelses- basert	Rekreasjon, åndelig/kulturell velvære, forskning, utdannelse	X	X
			Indirekte bruksverdi		Skadedyrkontroll, pollinering, vannreguleringer, vannrensing, gjødsling	X	X
		Opsjons- verdi		Opsjonsverdi 1	Fremtidig bruk av kjente og ukjente goder	X	X
				Opsjonsverdi 2	Betalingsvilje for naturgoder	X	
	Ikke- bruks- verdi	Filantropisk verdi	Arveverdi		Glede av å vite at fremtidige generasjoner vil ha tilgang på naturens goder	X	X
		Atruisme for biodiversitet	Altruistisk verdi		Glede av å vite at andre mennesker har tilgang på naturens goder	X	
			Eksistens- verdi		Glede å vite av en art eller et økosystem eksisterer	X	

Villaks og oppdrettslaks lever delvis i samme miljø og kan dermed påvirke hverandre. Villaks svømmer forbi oppdrettslokaliteter på vei ut og inn i fjordene. Oppdrettslaks som rømmer vil kunne blande seg med villaks både i havet og i elvene. Disse fysiske interaksjonene mellom villaks og oppdrettslaks kan påvirke de produserende økosystemtjenestene vi får fra laks. I tillegg kan betydningen oppdrettslaks og villaks har i samfunnet også påvirke de kulturelle økosystemtjenestene fra de to laksetypene. Dette kapittelet vil ta for seg hvordan oppdrettslaks påvirker villaks, og hvordan villaks påvirker oppdrettslaks. Vi vil trekke fram både mulige positive og negative påvirkninger. Fordi antallet oppdrettslaks er så stort (figur 1.1) og fordi oppdrettslaksen er skapt av mennesker og ikke har en naturlig rolle i økosystemet slik villaksen har, er det flere effekter av oppdrett på villaks enn motsatt. Oppdrettsnæringen har gjennomført tiltak for å forebygge rømning, for å fange rømt oppdrettslaks, og for å kontrollere lakselus, andre sykdomsagens og fôrspill. Mye av dette arbeidet er motivert ut fra hensynet om å bevare villaksen og andre ville laksefisk, i tillegg til egennytten dette har for oppdrettslaksens helse og velferd og økonomien i oppdrett. Den offentlige forvaltningen bruker også store ressurser ut fra hensynet til å bevare villaksen og annen vill laksefisk.

## **5.1 Påvirkninger fra oppdrettslaks på villaks**

I dette kapittelet vil vi hovedsakelig fokusere på lakselus og rømt oppdrettslaks, fordi dette er de to viktigste trusselfaktorene fra oppdrettslaks på villaks. Først vil vi kort beskrive, før vi går over til å beskrive hvordan lakselus og rømt oppdrettslaks kan påvirke villaksens verdi negativt. Til slutt peker vi på hvordan oppdrettslaks også kan påvirke villaksen positivt, gjennom felles gevinst av forskning og utvikling på oppdrettslaks og villaks.

### **5.1.1 Viktigste trusselfaktorer fra oppdrettslaks på villaks**

#### *5.1.1.1 Lakselus*

Store mengder lakselus i områder med høy tetthet av oppdrettsanlegg gjør at villaksen som vandrer forbi har økt sannsynlighet for å få mye lus på seg, noe som kan føre til økt dødelighet. En ny forskningsstudie fra Irland, med enkelte bidrag fra Norge, indikerte at andelen villaks som kommer tilbake til elvene i snitt ble redusert med 39 % som følge av lusesmitte i områder med høy tetthet av oppdrett (Krkošek m.fl. 2012). Et tilsvarende studium fra Daleelva som ligger i et oppdrettsintensivt område i Hordaland, tyder på at lusesmitte der ga 15 % økt marin dødelighet hos laks over tidsperioden 1997–2009 (Skilbrei m.fl. 2013). I Risikovurdering for norsk fiskeoppdrett 2012 (Taranger m.fl. 2013) vises det også til flere studier som tyder på at lakselus har en betydelig negativ effekt på overlevelsen av laksesmolt i sjøen (Krkošek m.fl. 2012; Jackson m.fl. 2013; Skilbrei m.fl. 2013). Det har derfor blitt konkludert med at lakselus fra oppdrettsfisk kan ha ført til bestandsreduksjon i enkelte villaksbestander (Bjørn m.fl. 2013). Imidlertid er effekten vurdert å være større på sjørret fordi denne arten har lengre oppholdstid på kysten og i fjordene med høyt smittepress av lakselus, mens villaksen ofte vandrer ut før smittepresset av lakselus fra oppdrettslaks har bygget seg opp på forsommeren (Taranger m.fl. 2013). Det er vist at en kombinasjon av lusetetthet, størrelsen på laksen, temperatur og saltholdighet i vannet er de viktigste faktorene

for smittepress på all laks (Jansen m.fl. 2012; Helland m.fl. 2012; Bjørn m.fl. 2012; Bjørn m.fl. 2013).

For å holde et lavt nivå av lakselus i ville bestander, er det nylig kommet et nytt forslag til overvåking og tiltakssystem (Taranger m.fl. 2012). Dette forslaget innebærer at man skal kunne varsle høyt smittepress på villfisk basert på observasjoner i oppdrett og ved hjelp av modellering av spredning av lakselus fra anlegg. Dette varslede smittepresset skal så verifiseres gjennom tilpasset overvåking av villaks i risikoområder, som skal baseres på et betydelig større datamateriale enn tidligere lakselusovervåking har vært. I tillegg kommer anbefalinger om tiltak ved overskridelse av grenseverdier for mengde lakselus. En kasusstudie i Hardangerfjordsystemet i 2012 viser at et slikt system kan utvikles (Taranger m.fl. 2012), men det gjenstår betydelig forskning og utviklingsarbeid på flere punkter (Bjørn m.fl. 2013).

#### *5.1.1.2 Rømt oppdrettslaks*

Rømming fra oppdrettsanlegg er uønsket, både fordi det kan ha negative konsekvenser for villaks og fordi det er et tap for oppdrettere. Det er en nullvisjon for rømming, men likevel ble det rapportert mellom 100 000 og 400 000 rømte individer årlig i perioden 2008 til 2011 (Svåsand m.fl. 2013).

Oppdrettslaks har en gyteatferd som likner vill laks, spesielt hvis de har rømt tidlig i livet og blitt mindre påvirket av oppdrettsmiljøet enn seint rømt laks (Fleming m.fl. 1996; 1997). Den finnes derfor igjen i gyteelvene sammen med villaks (Diserud m.fl. 2012). Når oppdrettslaks forplanter seg i naturen vil avkommet kunne ha redusert overlevelse og negativ påvirkning på rekrutteringen av lokal villaks (Skaala m.fl. 2012). Et fullskala eksperiment med gyting av oppdrettslaks og villaks i elven Imsa i Rogaland viste en umiddelbar reduksjon i bestandens produktivitet i forhold til samme bestand med kun villaks i gytebestanden (Fleming m.fl. 2000). I tillegg kan det skje genetiske endringer som reduserer villaksens tilpasning til de lokale miljøforholdene.

#### **5.1.2 Negative endringer i villaksens verdi**

Det er utført beregninger som viser at verdien av villaksebestander reduseres med økende andel rømt oppdrettslaks (Liu m.fl. 2012). Med verdi menes i denne sammenhengen både verdien av fiskens kjøtt, sportsfiskernes betalingsvillighet og eksistensverdien av villaks. Så mye som halvparten av gevinsten villaksen i dag tilfører fritidsfiskere og lokalsamfunn kan forsvinne dersom dagens påvirkning fra lakselus og rømt oppdrettslaks fortsetter (Faktaark 09-12 Vill og verdifull, Miljø 2015). De viktigste grunnene til denne verdisenkningen er for det første at oppdrettslaksen kan gyte med villaksen og dermed potensielt endre den genetiske integriteten hos de ulike villaksbestandene, og for det andre at sannsynligheten for å fiske en oppdrettslaks i stedet for en villaks kan for noen sportsfiskeres senke interessen og betalingsvilligheten for å fiske etter laks.

#### 5.1.2.1 Villaksens verdi som matkilde

I takt med at produksjonen av oppdrettslaks har økt, har kiloprisen på villaks sunket. Tidligere var laks luksusmat, og næringsfiskere tjente gode penger på fiske etter villaks i sjøen. Ifølge Villaksportalen (<http://dirnat.no/villaksportalen/>) er dagens kilopris på villaks omtrent den samme som på 1970-tallet (målt i absolutt kroneverdi), men hadde den fulgt konsumprisindeksen skulle prisen på villaks i dag vært 250 kroner kiloen. I dag er laks fra oppdrett blitt billig hverdagsmat, og villaksens salgsverdi som mat er derfor liten. Det er først og fremst de kulturelle verdiene knyttet til fiske av villaks som gjør villaksen attraktiv for fangst i dagens samfunn.

I tillegg til at billig oppdrettslaks har medført lavere priser på villaks, har tilbakegangen i villaksbestandene og reguleringer av havfisket også hatt stor betydning for at næringsfisket har blitt redusert, særlig i sjøen. Det er som tidligere nevnt sammensatte årsaker til tilbakegangen i villaksbestandene, men press fra oppdrettsindustrien kan gjennom økt lakseluspåslag og genetisk innblanding fra rømt oppdrettsfisk være medvirkende årsaker til tilbakegangen.

#### 5.1.2.2 Villaksens genetiske verdi

Oppdrettslaks er grunnlagt på et begrenset antall villaksbestander for ca. ti generasjoner siden. De er selektivt avlet fram for å utvikle særlige trekk som er sett på som positive i oppdrett (raskere veksthastighet og lite tidlig kjønnsmodning) og har økt sykdomsresistens og fettfordeling tilpasset markedet (Gjedrem m.fl. 1991; Gjølén & Bentsen 1997).

Det er utviklet modeller som beregner endringer i sammensetningen av villaksbestander ut fra informasjon om innslag av rømt oppdrettslaks i bestanden (Diserud m.fl. 2012), og forskjeller i overlevelse mellom villaksavkom og oppdrettsavkom i naturen (McGinnity m.fl. 2003). Genetiske analyser er den eneste muligheten for å gjenkjenne oppdrettslaks som rømmer fra merdene kort tid etter utsetting og vokser opp i havet som villaks (Skilbrei 2013).

Molekylærgenetiske endringer over tid er vist i flere villaksbestander i Norge, og det er sannsynlig at disse endringene kan knyttes til gyting av rømt oppdrettslaks i elvene (Glover m.fl. 2012). Innkrysningen av oppdrettslaks kan ha negative effekter på villaksen fordi den lokale tilpasningen hver bestand har til sin elv kan reduseres. Hvis den naturlige genetiske variasjonen i en bestand blir mindre, kan dette dessuten redusere laksens tilpasningsevne, det vil si bestandens evne til å være levedyktig under ulike miljøforhold. Dette er særlig kritisk i små bestander og dersom det skjer raske miljøendringer.

Et annet problem med genetisk innblanding av oppdrettslaks er at den genetiske variasjonen mellom bestander vil bli mindre dersom oppdrettslaks med en felles genetikk blander seg i ville bestander langs hele kysten. En studie på en art stillehavslaks (*Oncorhynchus nerka*) tyder på at økosystemtjenester fra villfisk ikke vil være bærekraftige dersom mangfoldet mellom bestander, altså innen artsdiversiteten, reduseres for mye (Schindler m.fl. 2010).

Det er også utviklet et sett med genetiske markører som kan beregne genetisk innblanding av oppdrettslaks i villaksbestander (Karlsson m.fl. 2011). Genetiske analyser kan brukes til å verifisere tilstand på genetisk stabilitet i villaksbestandene (Svåsand m.fl. 2013) og til å vurdere om bærekraftmeldingens mål om ingen varige genetiske endringer, er oppfylt. For videre utvikling av oppdrettslaks er det et mål at den ikke skal skade villaks, noe som kommer til uttrykk gjennom at det investeres forskningsmidler i å utvikle steril oppdrettslaks som ikke kan få avkom med villaks (Hansen m.fl. 2012; Wargelius m.fl. 2013).

#### *5.1.2.3 Villaksens rekreasjonsverdi*

En spørreundersøkelse blant sportsfiskere i Norge viste at fiskere var villig til å betale mer enn fem ganger så mye for fiskerettigheter for en bestand som kun hadde villaks enn for en bestand med kun oppdrettslaks (Olaussen & Liu 2011). Det er også indikasjoner på at de vil betale mindre for å fiske i villaksbestander med høy andel innblandet oppdrettslaks, for eksempel like etter en stor rømmingshendelse. Dette viser at fritidsfiskere anser oppdrettslaks som lite attraktiv å fiske og de forventer å fange villaks når de fisker i elvene. Dersom innblandingen av oppdrettslaks i ville bestander fortsetter kan dermed den kulturelle verdien av villaks reduseres fordi folk ikke lenger anser laksen i elvene for å være den samme naturlige fisken som tidligere. Dette illustrerer også at oppdrettslaksens symbolverdi kan bli redusert av oppdrettslaks. Samtidig er det også eksempler på at rømt oppdrettslaks er attraktive for fiskere, som betaler for fiskeretter i vassdrag der det ikke er villaks (kapittel 4.2.1.2).

### **5.1.3 Positive endringer i villaksens verdi**

#### *5.1.3.1 Endring i villaksens verdi for kunnskap, læring og forskning*

Forskning som gjøres på oppdrettslaks kan gi innsikt som er viktig også for villaksen, og motsatt (se kapittel 4.2.2.3 og 4.2.2.3). Inntjening fra næringen gir også bedre rammer for stor forskningsinnsats. Dermed kan oppdrettslaks ha en positiv innvirkning på villaksens verdi for kunnskap, læring og forskning.

## **5.2 Påvirkning fra villaks på oppdrettslaks**

Til tross for sitt beskjedne volum, er det likevel en påvirkning av villaks på oppdrettslaks, både i negativ og positiv retning. Siden villaks omfattes av naturmangfoldloven som en verdifull naturressurs, både økologisk, kulturelt og i andre samfunnssammenhenger, er oppdrettslaks regulert i forhold til vern av villaks. Oppdrettslaks er utviklet fra og avhengig av genetisk materiale fra villaksen.

### **5.2.1 Negative virkninger for lakseoppdrett**

#### *5.2.1.1 Begrensning i oppdrettets omfang*

På grunn av hensyn til villaksbestandene har havbruksforvaltningen lagt restriksjoner på plassering av anlegg, tetthet av anlegg, produksjonsmengde av oppdrettslaks og krav til kontroll av lakselusmitte (Norsk lovdata 2005; 2008; 2011). Dette kan føre til at



oppdrettsnæringen blir mer begrenset i omfang og utbredelse enn den kunne ha vært dersom det ikke var nødvendig å ta hensyn til villaksen. Samtidig skyldes en del av restriksjonene i havbruksnæringen ikke bare hensynet til villaks, men også andre miljø- eller samfunnsmessige hensyn.

#### *5.2.1.2 Lakselus*

Fordi de deler sykdomsframkallende organismer, kan villaks spre smitte til oppdrettslaks. I ferskvannsfasen er det lav sannsynlighet for at en slik smitte kan finne sted på grunn av strenge krav til vanninntak og UV-behandling av driftsvannet, men i de åpne merdene i sjøen er det fri flyt av sykdomsagens mellom villaks og oppdrettslaks. Det er likevel ikke kjent i hvilken grad dette har en påvirkning på verdien av oppdrettslaks, og på grunn av de store forskjellene i antall og biomasse per areal av oppdrettslaks og villaks, er det mer sannsynlig at den viktigste smitteveien går fra oppdrettslaks til villaks enn vice versa (se Heuch & Mo 2001, for et regnestykke på lus). Men under noen forhold i noen lokaliteter kan det tenkes at den viktigste smitteveien går i retning fra villaks (eller annen vill laksefisk) til oppdrettslaks.

### **5.2.2 Positive virkninger for lakseoppdrett**

#### *5.2.2.1 Genetiske ressurser*

Den aller viktigste positive påvirkningen villaks har på oppdrettslaks er at villaksen er en genetisk bank for framtidig oppdrettslaks (se kapittel 3.2.1.3). Mens villaks ville ha eksistert også dersom oppdrettsnæringen ikke hadde vokst fram, så ville oppdrettslaks aldri ha oppstått uten økosystemtjeneste fra villaks, ettersom den er avlet fra villaks.

#### *5.2.2.2 Markedsføring og symbolverdi*

Markedsføringen av oppdrettslaksen bygger på den ville naturen og villaksens renommé. Et eksempel på dette kan ses i følgende setning fra Norges sjømatråd sin markedsplan for norsk laks og fjordørret for 2013-2015: *«Gjennom å skape assosiasjoner mellom at det kalde, klare vannet i de norske fjordene og naturen vil være med på å gi den norske laksen en unik smak, vil det lett kunne etableres sterke positive preferanser til Norsk Laks»*

(<http://seafood.no/Markedsf%C3%B8ring/Markedsplaner>). På denne måten kan villaksens symbolverdi ha en positiv påvirkning på verdien av oppdrettslaks. Det har også blitt påpekt at opprettholdelse av bærekraftige villaksbestander kan være viktig for folks holdninger til oppdrettslaks (NOU 1999:9).

#### *5.2.2.3 Forskning, utvikling og kunnskap*

Forskning som gjøres på villaks kan gi innsikt som er viktig også for oppdrettslaksen, og motsatt (se kapittel 5.1.3.1). Dermed kan villaks ha en positiv innvirkning på oppdrettslaksens verdi for kunnskap, læring og forskning.

### 5.3 Endringer i økosystemtjenester på grunn av interaksjoner mellom villaks og oppdrettslaks

Som vist i kapittel 5.1 og 5.2 kan oppdrettslaks og villaks påvirke hverandre både positivt og negativt. Tabell 5.2 gir en oppsummerende oversikt over de typene økosystemtjenester der villaks og oppdrettslaks påvirker hverandre. Villaks har i all hovedsak positiv påvirkning på de økosystemtjenester vi får fra oppdrettslaks, med unntak av at hensynet til villaks kan redusere omfanget av oppdrettsindustrien og at villaks på denne måten påvirker oppdrettsnæringen negativt. De positive effektene fra villaks er å finne i oppdrettslaksens symbolverdi, dens genetiske verdi og innen kunnskap, læring og forskning.

Oppdrettslaks har både positive og negative påvirkninger på villaks, men de fleste økosystemtjenester fra villaks kan påvirkes negativt av oppdrettslaks. Dette gjelder nærings- og fritidsfiske, genetiske ressurser, symbolverdi og rekreasjonsverdi, som alle kan påvirkes negativt av rømt oppdrettsfisk og spredning av lakselus. Samtidig kan oppdrettslaks virke positivt for villaksens verdi for kunnskap og læring, på grunn av en verdensledende og stor kunnskapsoppbygging gjennom forskning og utvikling innen akvakultur.

**Tabell 5.2.** Skjematisk oversikt over hvilke ØT som er identifisert for villaks og oppdrettslaks og hvordan interaksjoner mellom de to laksetypene kan endre ØT. + og – indikerer om påvirkningen på ØT fra den andre laksetypen er vurdert som henholdsvis positiv eller negativ.

**Table 5.2.** Schematic overview of identified ecosystem services for wild and farmed salmon. Also indicated is the type impact on the ecosystem service interactions from one group of salmon may have on to the other group, if any. + and – indicates if the impacts are positive or negative, respectively. Grey cells indicate that no relevant impact was identified.

		Villaksens påvirkning på oppdrettslaks	Oppdrettslaksens påvirkning på villaks
Produserende tjenester	Næring	-	-
	Fritidsfiske		-
	Genetiske ressurser	+	-
Kulturelle tjenester	Symbolverdi	+	-
	Rekreasjonsverdi		-
	Kunnskap, læring, forskning	+	+
Støttende og regulerende tjenester	Næringsstoffer		
	Næringskjeden		
	Biodiversitet		
	Habitatpåvirkning		.*

\* vann til smoltanlegg reduserer i noen tilfeller vannføringen i lakseelver (Bergan 2012).

## **6 Interaksjoner mellom oppdrettslaks og økosystemtjenester generelt**

### **6.1 Påvirkning fra oppdrettslaks på andre økosystemtjenester**

Oppdrettslaks påvirker mange økosystemtjenester, gjennom stor tetthet av fisk i relativt små volum. Både i elv og langs kysten har oppdrett potensial til å redusere verdien av økosystemtjenester gjennom utslipp fra anleggene av næringsstoffer, sedimenterende og fremmede stoffer som ved manglende vannutskifting kan oppnå verdier som er skadelige på biodiversitet, næringskjeden og bunnforhold. På den andre side vil moderat til forsiktige utslipp virke positivt på lokale ville ressurser, da oppdrettsanlegg i drift er en kilde for næring og skjul som tiltrekker seg og utnyttes av viltlevende ressurser. Tilførsel av næringssalter og organiske materiale fra oppdrett kan imidlertid under gitte forutsetninger teoretisk gi flere økosystemtjenester som kan vurderes som positive, som økt biologisk produksjon av ville organismer (som tare, planktonalger, bunndyr, reker og fisk), eller føre til at ulike ville organismer blir mer fangbare, eller ved samoppdrett med andre organismer som blåskjell, tare eller bunndyr øke produksjonen i såkalt integrert multitrofisk akvakultur (Strand m.fl. 2011).

### **6.2 Påvirkning på oppdrettslaks fra andre økosystemtjenester**

Mengden marin fisk som går med i fiskefôret hentes fra et langt større geografisk areal enn der oppdrett forekommer. For å opprettholde og utvikle oppdrettslaks må uttak av fôr-fisk ikke overskride rekrutteringsevnen til de høstede bestandene. Det vil derfor være en grense for hvor mye naturlig fôr som kan oppdrives for å underbygge oppdrettslaks. Dette siste vil også avhenge av om marin fisk som inntil nå inngår som råvare i laksefôret, kan bli erstattet av andre marine eller landbaserte kilder, inklusiv kilder basert på akvakultur på lavere trofiske nivå. Matbehovet til oppdrettslaks har, på grunnlag av volumet som blir produsert, en betydelig rolle i høsting av andre naturlige ressurser som til dels må hentes i havet og dels blir dyrket på land. Det vil måtte være en løpende vurdering av hvor mange verdier som kan investeres eller ofres for oppdrett på bekostning av ikke-monetære eller målbare verdier. Det er behov for å vurdere om det går en grense for hvor stor produksjonen kan bli.

Tilgang på arealer med tilstrekkelig vannforsyning, gode renseevner og tilstrekkelig naturlig avfallshåndtering er per 2013 ikke til nå ansett som en begrensning framover. I lys av mulige bruks- og arealkonflikter og ulike økosystemtjenesteverdier tilknyttet elv og kyst, bør det være en løpende diskusjon om hvor mye oppdrettslaks som kan produseres årlig.

Foto: Ingeborg P. Helland



## 7 Framtidig utvikling av lakseoppdrett

Regjeringen ønsker at havbruksnæringen skal vokse, og forutsetter at det skjer innenfor bærekraftige rammer. Ved lanseringen av bærekraftstrategien i 2009 uttalte daværende fiskeri- og kystminister Helga Pedersen: «- Havbruksnæringa produserer sunn og god sjømat og skaper viktige arbeidsplasser og verdier for Norge. Regjeringa ønsker derfor at næringa skal utvikle seg videre. Forutsetningen er at en langsiktig utvikling og vekst skjer innenfor miljømessig bærekraftige rammer.»

Vekst innenfor bærekraftige rammer er fortsatt i fokus: I 2012 uttalte ekspertgrupper fra forskning og forvaltning at det neppe var rom for å øke produksjonen av oppdrettslaks gitt dagens situasjon for påvirkning fra lakselus og rømt oppdrettslaks på ville bestander av laksefisk (<http://www.regjeringen.no/nb/dep/fkd/pressemeldinger/2012/gronn-vekst-i-lakseoppdrett.html?id=707527>). Samtidig utarbeidet en arbeidsgruppe oppnevnt av DKNVS og NTVA og ledet av SINTEF Fiskeri og havbruk (Sunde 2011) en prognose for 2050 som ville gitt en 5-doblet produksjon av oppdrettslaks i forhold til dagens 1 million tonn. Høsten 2012 lanserte regjeringen såkalte «grønne konsesjoner» som skal sikre vekst i næringen i anlegg som gir økt sikkerhet mot spredning av lakselus og rømt oppdrettslaks.

Den framtidige utviklingen av lakseoppdrett er knyttet til å opprettholde eller øke produksjonen, mens de store utfordringene rundt rømming, samt sykdom og parasitter reduseres. Samtidig er det nødvendig å løse oppgaven med å fremskaffe tilstrekkelig fôr uten å forårsake overbeskatning på fôr-fiskbestander

(<http://www.nifes.no/forskning/akvakulturertering/alternative%20forrastoffer/planteoljer%20/>).

Utviklingen av lakseoppdrett omfatter teknologisk forskning for å effektivisere produksjonen, lokalisering av anlegg, rømming, miljøeffekter av utslipp, smittespredning og dyrevelferd (Boxaspen & Svåsand 2013; Sunde 2011). Det er mange aspekter omkring videre utvikling, både samfunnsmessige, næringsøkonomiske og miljømessige.

Det vil her bli listet opp utvalgte elementer som kan relateres til økosystemtjenester, i særlig grad de produserende, støttende eller regulerende økosystemtjenester som blir beskrevet i kapittel 4 og 5. Det vil ikke bli foretatt noen kostnadsvurderinger. Det er forsøkt å vise til ressurser, som enten kan være en del av økosystemet eller som kan gå inn under definisjonen for økosystemtjenester, og som vil kunne sette ramme for utviklingen av andre økosystemtjenester. Ved å kartlegge slike, kan det vurderes hvordan viktige økosystemtjenester /økosystemer kan sikres for framtiden, eller i hvert fall gi kunnskap om hvordan de påvirkes, for at forvaltningen skal kunne vurdere hva som er akseptabel påvirkning.

Det er særlig saltvannsfasen av lakseoppdrett, etter at smolten er tilvendt sjøvann og gjennom oppvekst fram til slaktestørrelse som forårsaker de mest uttalte problemområdene, og som også er mest i fokus for radikale endringsforslag i tillegg til den løpende utvikling av eksisterende teknologi. Utfordringene dreier seg særlig grad om å:

- hindre rømming og påfølgende negativ påvirkning av villaks
- bruke lokalisering og ny oppdrettsteknologi for å unngå negativ påvirkning på naturlige marine økosystemtjenester
- dekke ernæringsbehov for en økende lakseproduksjon

Dessuten er det et samspill mellom tilgang på fôrråstoff, marint og terrestrisk, og oppdrettsnæringens fôrbehov. Marint fôrråstoff i form av marine fettsyrer og protein kan for eksempel være en begrenset ressurs globalt.

## **7.1 Hindre rømming eller negative effekter av rømming**

Det er et særlig satsingsområde å hindre at oppdrettslaks rømmer og blander seg med villaks i elvene. Forskriftene pålegger oppdretterne å hindre at det skjer, men dette oppfylles ikke i tilstrekkelig grad. Derfor er det en rekke tiltak som er foreslått, under utvikling eller også som det forskes på.

Sterilisering av laks er en retning det forskes på for å hindre genetisk påvirkning av ville laksestammer. Det er i gang to forskningsretninger: produksjon av triploide oppdrettslaks, som omfatter trykkbehandling av befruktete rogn som utvikler seg til steril fisk og steriliserende vaksine som gis før smolt settes i sjøen.

Selv om steril laks ikke vil kunne føre til genetisk innblanding i ville laksestammer, vil likevel sterile hanner forsøke å parre seg med hunner og vil derfor redusere gytesuksessen (K. Glover, Havforskningsinstituttet, pers. medd.). Likevel vil dette gi mindre langtidseffekter enn vanlig oppdrettslaks. Problemet kan minimaliseres om den framtidige produksjonen av steril laks konsentreres om triploid laks baserer seg på bruk av oppdrettspopulasjoner med triploide hunnfisk. Slik teknologi er tilgjengelig for kommersiell utprøving (Hansen m.fl. 2012).

## **7.2 Lokalisering og lukking av oppdrettsanlegg**

For å unngå rømming, så vel som smitte og spredning av patogener samt fôrspill og utslipp av fremmedstoff, er det forslag og utvikling av teknologi med tanke på lukking av oppdrettsmerdene eller lokalisering lenger ute fra kysten. Planer for nedsenkbare havanlegg, anlegg på land og lukkede poser i stedet for nettmerder er også under planlegging eller uttesting.

Nedsenkbare anlegg for havlokalisering skal være robuste nok til å tåle det værharde miljøet. Som nedsenket skal de heller ikke være i veien for skipsfarten, men vil fremdeles kunne komme i arealkonflikt med fiskeriene. Det er likevel et biologisk problem som kan være vanskeligst å løse. Laks er avhengig av å hente luft til svømmeblæren ved overflaten. Forsøk med å utstyre nedsenkbare merder med en sentral luftkuppel har ikke vært vellykket, da kuppelen må dekke praktisk talt hele merden for at laksen skal kunne utnytte den (Korsøen m.fl. 2013).



Anlegg på land er også en mulighet, for eksempel i nedlagte steinbrudd i vannkanten. Teknologisk finnes løsninger som gjør dette mulig; pumpeanlegg, rensevannteknologi og rørteknologi for vanntilførsel og -utslipp, tankdesign og -materiale, miljø og klimastyring, føringsautomatikk med mer.

Et sentralt problem vil likevel være arealkonflikter og driftskostnader. Oppdrettsmerdene har økt både i diameter og dyp fra 80-tallet og fram til i dag. På 80-tallet var en merd gjerne 15x15x10 m med et volum på noe over 2 000 m<sup>3</sup>. Dagens merder er gjerne opp til 35x35x35 m med et volum på over 40 000 m<sup>3</sup>.

Man bruker også i økende grad store frittliggende ringer i stedet for kompakte rektangulære stålanlegg. Avstanden mellom hver merd er dermed blitt større enn før. Arealet som anleggene samlet beslaglegger, blir da også større. En moderne ringmerd er gjerne opp i 120 m i omkrets og tåler å ligge eksponert ute i fjorden. En 120 m omkrets merd med 35 m dyp not er da ca. 44 000 m<sup>3</sup>. Dagens kompakte, rektangulære anlegg langs norskekysten dekker mindre enn 800 km<sup>2</sup>. I tillegg kommer moderne anlegg med frittliggende ringer, så arealbruken er reelt sett over 800 km<sup>2</sup> (beregnet ut fra de totalt 657 tillatelser som er registrert for 2011 (Fiskeridirektoratet, 2012a). Den økologiske arealbruken i dagens lakseoppdrett er imidlertid mye større enn dette. For eksempel uttalte det såkalte Gullestadutvalget at: *«Tilgjengelig produktivt areal i kystsonen er et av Norges viktigste konkurransefortrinn som oppdrettsnasjon. Arealet var lenge betraktet som en overskuddsressurs uten et uttrykt behov for en overordnet styring av bruken. Med veksten i næringen er dette nå et tilbakelagt stadium.»* (Gullestad m.fl. 2011).

For å flytte produksjonen fra én enkelt moderne merd til land, vil det være behov for pumpe og renseanlegg som kan håndtere en tilstrekkelig stor gjennomstrømming for å skifte ut tankvannet ofte nok til å opprettholde oksygenrikt og rent vann når tankvolumet er på over 40 000 m<sup>3</sup>. Det er vanskelig å se for seg at lakseoppdrett kan flyttes på land uten betydelig arealbeslag og endringer i landskap. I tillegg må sjøvannet ha høy kvalitet og hentes fra et dyp som sikrer stabil kvalitet. Rensingen av avløpsvann vil være kostnadskrevende og håndtering av avfallsstoffer fra renseanlegget og miljøeffekter av utslippsvannet må også nøye vurderes.

Lukkede poser i stedet for nettmerder er den enkleste endringen som er under utprøving (Teknologirådet 2012). Som for anlegg på land, vil det her være full kontroll over rømming, smittepress og utslipp. Det vil dermed være de samme problemstillingene omkring vanntilførsel, kapasitet på rensing av utslippsvann og håndtering av avfallsstoffer, men arealkonflikten på grunn av det store volumet dette gjelder vil ikke være annerledes enn for tradisjonelt oppdrett. Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening har dette standpunktet: *”Når det gjelder løsninger for lukkede anlegg, enten for produksjon i sjø eller på land, må teknologiutviklingen vurderes opp mot driftssikkerhet, fiskehelse, arealbruk, miljømessige forhold og økonomi. FHL er opptatt av at den teknologien som tas i bruk skal være fornuftig ut fra disse kriteriene, og at man ikke skal låse seg til én type løsning.”* (<http://www.fhl.no/miljoe/om-lukkede-anlegg-i-fiskeoppdrett-article3615-24.html>).

Det norske Teknologirådet anbefaler i sin rapport «Fremtidens lakseoppdrett» at den framtidige utviklingen bør følge to parallelle spor. Det ene er videreutvikling av dagens teknologi, mens den andre er at *«Det bør gjøres en innsats for å få en best mulig forståelse av potensialet i lukket teknologi og eventuelle andre umodne men potensielt løfterike teknologier.»* (Teknologirådet 2012).

Storskala produksjon av laks kan ikke forekomme uten en løpende avveining av arealkrav, volumbehov og alternativ arealutnyttelse til enten annen verdiskaping eller naturlig produserende økosystem. Gullestad m.fl. (2011) har levert til dels radikale endringsforslag til videre utvikling i arealutnyttelse.

### 7.3 Ernæringsbehov

Tilgang på fôr kan bli en begrensende faktor for videre vekst i oppdrettsproduksjonen. Dette har ført til forskning på alternative kilder for fettsyrer og protein, men uansett kilde, så er lakseproduksjonen avhengig av tilgang på tilstrekkelig fôr av god nok kvalitet, som vil være avhengig av å utnytte produserende tjenester fra både havet og fra landbruket. Det er spesielt tilgang på marine fettsyrer som kan bli en begrensning, mens marint protein relativt lett kan erstattes med proteinkilder fra landbaserte produkter.

Som annet fiskeoppdrett, er lakseoppdrett avhengig av fôrprodukter som ernæringsmessig er av høy kvalitet, der blant annet marint protein og marine fettsyrer er viktige bestanddeler. Fisk omsetter næringsstoffene den får i seg gjennom fôret på ulike måter, og mange av dem lagres i fiskens muskel. Disse næringsstoffene har også en positiv effekt på vår helse. Deler av aktiviteten i fôrutviklingsprogrammet til Norsk institutt for ernæring og sjømat (NIFES) dreier seg derfor om å utvikle måter å anrike næringsstoffer i fiskens muskel på. Målet er en sunn oppdrettsfisk som også har et høyt innhold av næringsstoffer selv om fôrsammensetningen i mindre grad blir avhengig av marine råstoffer (<http://www.nifes.no/forskning/akvakulturernering/alternative%20forrastoffer/planteoljer%20/>). Tilgangen og pris på tjenester som fiskeolje og fiskeprotein vil påvirke utviklingen av lakseoppdrett og kvaliteten på produktet. Dette er en global problemstilling, da produkter fra fiskebestander fra nasjonale havområder, som lodde og tobis og andre pelagiske fiskearter, og fra fjernere strøk, Afrika og Sør-Amerika blir benyttet i fôrproduksjonen. Etterspørsel og tilgang etter slike produkter har betydning for oppdrett nå og i framtiden, men det er også viktig å forvalte slike bestander så de ikke fiskes ned. Dette er arter med stor naturlig variasjon i bestandsdynamikken, der det typisk forekommer store svingninger i mengde over tid (FAO 2011). Utviklingen i mengde og kvalitet av råstoff fra marine fiske- og plankton, så vel som forskning som pågår for å finne alternative tilleggprodukter kan supplere den naturlige tilgangen.

NIFES har en betydelig del av sin aktivitet rettet inn mot sammensetning og kvalitetsstudier på fiskefôr. Det står på NIFES' nettside om akvakulturer næring at *«En riktig balanse av aminosyrer i fôret er en forutsetning for at fisk skal vokse og utvikle seg normalt. Ettersom proteinene i planteråstoff har en annen aminosyreprofil enn proteinene i marint råstoff, skaper dette utfordringer for bruken av planteråstoff som proteinkilde i fiskefôr. Fiskemel*

*inneholder også vitaminer og mineraler som fisken er avhengig av, men som ofte ikke finnes i planteråstoffer.”* Det er vist at når fiskeolje byttes mot planteoljer vil innhold i fiskekjøttet av omega-6 og omega-3 også endre fettsyreprofilen i laksekjøttet. Det vil være en balansegang mellom ønsket om et så naturlig lakseprodukt som mulig, kontra å effektivisere fôrkvaliteten i retning av mer landbasert eller industrielt produsert råstoff for å redusere behovet for marin fôrfisk. Så lenge lakseproduksjonen er delvis avhengig av villfisk, så går det en grense for hvor stor oppdrettsproduksjonen kan bli. Det er viktig at naturlige bestander bevares og opprettholdes, for å kunne være kilde også til oppdrettsfôr.



Foto:Eva Thorstad

## **8 Er fokus på økosystemtjenester hensiktsmessig for norsk lakseforvaltning?**

### **8.1 Villaks**

Den norske forvaltningen av villaks har vært basert på en tankegang som likner på det MA (2005) og TEEB (2010) har bygget sin økosystemtjenestetilnærming på, også lenge før rapporten «Millennium Ecosystem Assessment» kom i 2005. For eksempel ble et bredt spekter av villaksens verdi for mennesker vurdert i en norsk offentlig utredning allerede i 1999 (NOU 1999:9). Denne ga ikke bare en gjennomgang av økonomiske verdier knyttet til fritidsfiske, turisme og næringsfiske, men også kulturelle økosystemtjenester som befolkningens ønske om å ta vare på villaksen, naturopplevelser, læring og helsegevinster av dette. Generelt er økosystemtjenestetilnærmingen i overensstemmelse med hvordan forvaltningen av villaks tradisjonelt har vært i Norge, og lakse- og innlandsfiskeloven fremhever også laksen som en ressurs og et gode for mennesker. Ettersom forvaltningens syn på laks som et naturgode lenge har liknet den tilnærmingen MA og TEEB har utviklet, finnes en god del dokumentasjon og studier som gjør at det er enkelt å knytte konseptet økosystemtjenester til villaks. Samtidig kan man også spørre seg om nettopp det at lakseforvaltningen lenge har vært basert på liknende prinsipper gjør at økosystemtjenestetilnærmingen ikke tilfører noe særlig nytt for villaks.

#### **8.1.1 Sterke sider ved økosystemtjenestetilnærmingen**

Det er nok de produserende økosystemtjenester (se kapittel 3.2.1) som ligger nærmest opp mot det folk tenker på av naturgoder fra villaks, ettersom det i hovedsak er fritidsfiske og mat som forbindes med villaks i dag. Her verdsettes villaks allerede i svært stor grad og økosystemtjenestetilnærmingen bidrar dermed med lite nytt innenfor disse temaene. Villaksen forvaltes på bestandsnivå fordi de ulike bestandene er delvis isolerte i ferskvannsfasen og har ulik genetisk sammensetning, så også de genetiske verdiene fra villaks er verdsatt i forvaltningen. Det er nok særlig innenfor de kulturelle tjenestene (se kapittel 3.2.2) at økosystemtjenester tilnærmingen kan bidra med noe nytt forvaltningen. Mens de produserende tjenestene lett fremheves når viktigheten av villaks skal beskrives, har vi mindre tradisjoner for å fokusere på sider ved villaksen som dens symbolverdi, rekreasjonsverdi og dens betydning for kunnskap, læring og forskning. I økonomiske analyser kan slike verdier ofte bli oversett, men innenfor økosystemtjenestetilnærmingen er det utviklet terminologi og metodikk som gjør at slike goder kan inkluderes. Her er det sannsynligvis et potensial for forbedring og forvaltning av villaks kan tjene på at kulturelle økosystemtjenester i større grad blir tatt med i samfunnsøkonomiske analyser.

En styrke ved å bruke økosystemtjenestetilnærmingen og terminologien denne innebærer, er at det gjør det lettere å sammenlikne godene fra villaks med godene fra andre økosystemtjenester. Dersom det etableres en felles basis for verdisetting av ulike økosystemtjenester vil dette kunne være et hjelpemiddel når ulike goder skal veies opp mot hverandre i samfunnet. Samtidig er det relativt enkelt å formidle godene vi får fra villaks fordi dette er en art svært

mange har et forhold til og er opptatt av, så villaks er sannsynligvis ikke den arten som får størst utbytte av en slik tilnærming, fordi den allerede er høyt verdsatt i samfunnet (se kapittel 3).

Et viktig bidrag fra økosystemtjenestetilnærmingen kan være at den kan hjelpe til å belyse viktigheten villaks har for oppdrettslaks. Oppdrettslaks er utviklet som en egen næring og de omsettbare verdiene av denne er svært store. Villaks gir også store omsettbare verdier, men i tillegg har villaksen ikke bare verdier knyttet til seg selv som økosystemtjeneste, men er også en naturressurs som oppdrettslaksen er avhengig av (se kapitlene 3.2.1.3 og 5.2). Noen vil mene at oppdrettslaks dermed ikke er en egen økosystemtjeneste, men at den er en av tjenestene som villaksen gir. En annen potensiell styrke ved å bruke økosystemtjenestebegrepet på laks kan også være anvendelsen av en slik tilnærming knyttet til interaksjoner mellom villaks og oppdrettslaks (se kapitlene 5.3 og 8.3).

### **8.1.2 Svake sider ved økosystemtjenestetilnærmingen**

Begrepene støttende og regulerende tjenester (se kapittel 3.2.3) er ikke like åpenbart nyttige når det er villaks som er i fokus, sannsynligvis på grunn av den økologiske funksjonen til villaks. Selv om alle arter har en funksjon og økosystemet vil endres dersom en art forsvinner, er det i liten grad kjent om det er økologiske prosesser som er så avhengig av villaks at de vil kollapse dersom villaks skulle bli borte.

Alle levende organismer har en egenverdi i naturen uavhengig av om de har noen verdi for mennesker. De er viktige for økosystemet, økosystemprosessene og biomangfoldet generelt. Dette gir også naturmangfoldloven klart uttrykk for. Økosystemtjenestetilnærmingen fokuserer på det som er av nytte for mennesker, og det kan oppfattes som en svakhet at den dermed ikke fanger opp arters egenverdi. Biomangfold og tilgang på urørt natur kan ha stor betydning for menneskers livskvalitet og mange mennesker verdsetter ville dyr høyt også uten å tenke på de produserende tjenestene. Undersøkelser har for eksempel vist at befolkningens betalingsvilje for å ta vare på levedyktige bestander av villaks er svært høy, og ofte viser det seg at dette ikke bare er relatert til fiskeinteresser. Slike verdier inngår delvis i økosystemtjenestetilnærmingen gjennom ikke-bruksverdier som altruistisk og eksistensverdi, men denne todelingen mellom goder for naturen og goder for mennesker er problematisk, fordi det kan være vanskelig å skille dem fra hverandre. At det ikke er klart hvordan egenverdi kan være en økosystemtjeneste eller ikke, er en svakhet ved økosystemtjenestetilnærmingen.

## **8.2 Oppdrettslaks**

Havbruksforvaltningen er basert på å legge bedre til rette for en økende verdiskaping innenfor oppdrett, men samtidig strenge reguleringer for å ta hensyn til naturen. Det har lenge vært tatt hensyn til andre naturlige ressurser og miljø som også er førende for hva som blir tillatt og bevilget konsesjon. I likhet med villaksforvaltningen kan en spørre om økosystemtjenestekonseptet vil tilføre forvaltningen noe som vil føre til en videre kunnskap og nytte. Likevel



kan det tenkes at økosystemtjeneste kan benyttes til å åpne for å drive fram mer sikker kunnskap om ulike lakserelvant økosystemtjeneste og dermed ny kunnskap som kan nyttes i framtidig forvaltning.

Oppdrettslaks kan på den ene siden gi naturgoder som er både produserende, kulturelle og støttende tjenester. På den annen side har den selv behov for støttende tjenester fra naturen, og kan føre til skader på miljøet og andre økosystemtjenester. Når vi legger til grunn at økosystemtjeneste er knyttet til noe fra økosystemene som mennesker har nytte av, men anerkjenner at bruken av ulike økosystemtjenester naturlig kan og vil ha negative og positive påvirkninger på andre økosystemtjenester og miljøet generelt, så vil oppdrettslaksen også passe inn i definisjonen som en regulerende økosystemtjeneste. Det vil være behov for en generell diskusjon og klargjøring, ikke bare for oppdrettslaks, men også andre nyttearter, som har atferd og instinkt som ville bestander, men som domestiseres og brukes av mennesker. Andre eksempler er honningbiearter og mørk jordhumle (*Bombus terrestris*) som spres raskt siden den brukes til pollinering i drivhus (Gjershaug & Ødegaard 2012). Som for all utnyttelse av natur er kultivering og utnyttelse av ville produkter avhengig av hele økosystemets bærekraft, og det er viktig å unngå overbelastning (Zhang m.fl. 2007).

#### **8.2.1 Sterke sider ved økosystemtjenestetilnærmingen**

Når vi har valgt å bruke økosystemtjenestebegrepet for oppdrettslaks, viser det seg at det lar seg gjøre å relatere oppdrettslaks til alle fire typene økosystemtjenester. Ved hjelp av hele spekteret av økosystemtjenester knyttet til oppdrettslaksens behov, så vel som påvirkningen av oppdrettslaks på andre, naturlig forekommende økosystemtjenester, har det latt seg gjøre å vurdere både økonomiske, samfunnsmessige og økologiske problemstillinger samlet.

Vi har ikke forsøkt å sette verdier på annet enn matproduksjon, men kan likevel få en oversikt over en rekke økosystemtjenestedefinerte områder der oppdrettslaks har kjente effekter og der det er antatt effekter av oppdrett som enten ikke er godt kjent, eller kan variere fra positive til negative konsekvenser.

#### **8.2.2 Svake sider ved økosystemtjenestetilnærmingen**

Det er ikke uten videre åpenbart at oppdrettslaks, i form av å være intensivt kultivert husdyr, kan vurderes som økosystemtjeneste. Som det fremkommer i kapittel 1.1, er valget i denne rapporten at oppdrettslaks kvalifiserer til å vurderes i økosystemtjenesteperspektiv. Dette er likevel såpass kontroversielt at rapporten ikke vil fastslå dette kategorisk, men forventer at spørsmålet vil føre til diskusjon omkring økosystemtjeneste i et videre perspektiv. Det er grunnleggende problematisk at definisjonene på hva som er økosystemtjenester eller ikke kan fremstå så sprikende og forårsake så ulike tolkninger. Dette kan medføre at underliggende formål ved forvaltning og ressursutnyttelse kan påvirke definisjonene og ikke nødvendigvis i naturgodenes favør.

Det er i flere sammenhenger vist at oppdrettslaksens økosystemtjenester er vanskelig å plassere utelukkende som goder, fordi næringen rundt den også kan ha skadelig påvirkning på

andre økosystemtjenester. Oppdrettslaksen ender i mange tilfeller opp som både-og i slike vurderinger. Det er ikke gjort forsøk på å veie de positive mot de negative påvirkningene, siden det som regel vil være lokalitet og naturlige forhold, sammen med oppdrettsrutiner som samlet fører til hvilken retning påvirkningen virker. Dette bør overveies i enkelttilfeller og ikke på generell basis.

### **8.3 Avsluttende merknader**

Samlet sett kan det virke som at økosystemtjeneste er egnet for å se på omsettbare og ikke-omsettbare verdier av villaks og oppdrettslaks i en vid forstand. Det åpner for å kunne balansere de åpenbart skjeve økonomiske forholdene som oppstår dersom kun markedsverdien sammenliknes, og gjør at også andre verdier kan vurderes. Ulike tolkninger av økosystemtjenestebegrepet kan ha stor betydning for i hvilken grad det er hensiktsmessig å bruke dette på oppdrettslaks, og hvilken verdisetting en får. Oppdrettslaksen er et eksempel der en både får nyttige goder (for eksempel mat) og som kan påvirke økosystemene negativt (for eksempel med forurensning og forbruk av marine råstoffer), og hvor driften kan ha stor betydning for de ulike økosystemtjenester. For eksempel kan utslipp av næringssalter og organisk materiale ha både positive og negative effekter på økosystemtjenester avhengig av mengdepåvirkning i forhold til lokalisering, oppdrettsteknologi og drift, samt eventuelt en kombinasjon med multitrofisk akvakultur som utnytter utslippene til nye økosystemtjenester. Naturforvaltningen og Fiskeri- og akvakulturforvaltningen har allerede inkludert vurderinger av vekselvirkninger som en naturlig og nødvendig del av forvaltningsstrategiene.

Økosystembasert forvaltning er nedfelt i norsk forvaltningsstrategi, der økologisk helhet vektlegges og naturlige prosesser i økosystemet står sentralt. Derfor er allerede ikke-omsettbare verdier inkludert i norsk naturforvaltning. Det er derfor uklart om verdisetting gjennom økosystemtjenestetilnærming vil gi noe vesentlig nytt til forvaltningsetatene. På den andre side skal det sies at den generelle forståelsen for både villaksen og oppdrettslaksens økologiske betydning fremdeles er begrenset, spesielt når det gjelder sjøvannsfasen. En økosystemtjenestetilnærming vil kunne være en driver for å få mer sikker kunnskap om de ulike økosystemtjenestene som både villaks og oppdrettslaks representerer, eller kan representere. Slik økt kunnskap kan i sin tur avdekke ukjente eller potensielle økosystemtjenester som kan benyttes i forvaltningsmessige vurderinger (opsjonsverdi; fremtidig bruk av til nå ukjente verdier).

En kan også tenke seg at økt økologisk kunnskap i større grad kan avdekke og kvantifisere negative økosystemeffekter av lakseoppdrett, og dermed gi et bedre kunnskapsgrunnlag for å vurdere ulike forvaltningsmessige tiltak eller omfanget av lakseoppdrett i et område.

## 9 Referanser

- Aglen, A., Eriksen, E., Hjelset, E., Gjøsæter, H., Kvamme, C., Slotte, A., Stenevik, E.K., Vikebø, F. 2012. [http://www.havmiljo.no/Content/Documents/Metode\\_fisk\\_20120224.pdf](http://www.havmiljo.no/Content/Documents/Metode_fisk_20120224.pdf).
- Anon. 2011a. Kvalitetsnormer for laks – anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 1. 110 s.
- Anon. 2011b. Status for norske laksebestander i 2011. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3. 285 s.
- Armstrong, C.W., Kahui, V., Aanesen, N. 2008. Økonomisk verdsetting av havmiljø – anvendelse på havområdene i Lofoten – Vesterålen. Rapport fra Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø. 72 s.
- Bekkby, T., Eikrem, W. 2011. Økosystemtjenester i Nordsjøen – regulerende og støttende økosystemtjenester diskutert gjennom tre naturtyper. Notat fra NIVA til Klif, desember 2011. NIVA-notat.
- Bergan, M. 2012. Anadrome vassdrag på Hitra, Sør Trøndelag; Vurderinger av vandringshindre, - barrierer og andre hydromorfologiske inngrep etter vannforskriften. NIVA rapport 6405-2012. 154 s.
- Bjørn, P.A., Karlsen, Ø., Jansen, P.A., Askeland Johnsen, I., Nilsen, R., Serra Llinares, R.M., Asplin, Skilbrei, O., Finstad, B., Taranger, G.L. 2013. Risikovurdering lakselus 2012. I (G.L. Taranger, T. Svåsand, B.O. Kvamme, T. Kristiansen, K.K. Boxaspen (red)) Risikovurdering norsk fiskeoppdrett-2012. Fisken og Havet, særnr. 2-2013: 12-49.
- Bjørn, P.A., Nilsen, R., Serra Llinares, R.M., Asplin, L., Boxaspen, K.K., Finstad, B., Uglem, I., Berg, M., Kålås, S., Barlaup, B., Wiik, Vollset, K. 2012. Lakselusinfeksjon på vill laksefisk langs norskekysten i 2012. Sluttrapport til Mattilsynet. Rapport fra Havforskningsinstituttet nr. 31-2012. 47 s.
- Bjørn, P.A., Uglem, I., Kerwath, S., Sæther, B.-S., Dale, T., Nilsen, R. 2009. Spatiotemporal distribution of Atlantic cod (*Gadus morhua*) with intact and blocked olfactory sense during the spawning season in a Norwegian fjord with intensive salmon farming. *Aquaculture*, 286: 36-44.
- Borch, T., Moilanen, M., Olsen, F. 2011. Sjøfisketurisme i Norge – debatter, regulering, struktur og ringvirkninger. NORUT-rapport 1/2011. Northern Research Institute, Tromsø.
- Boxaspen, K.K., Svåsand, T. 2013. Oversikt akvakultur. I (I.E. Bakketeig, H. Gjøsæter, H. Loeng, B.H. Sunnset, K.Ø. Toft (red)) Havforskningsrapporten 2013. Fisken og Havet, særnr. 1-2013: 9.
- Davidson, W.S., Koop, B.F., Jones, S.J.M., Iturra, P., Vidao, R., Maass, A. Jonassen, I., Lien, S., Omholt, S.W. 2010. Sequencing the genome of the Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Genome Biology*, 11 ()): 403 DOI: 10.1186/gb-2010-11-9-403.
- De Groot, R.S., M.A. Wilson & R.M.J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393–408.
- Dempster, T., Uglem, I., Sanchez-Jerez, P., Fernandez-Jover, D., Bayle-Sempere, J., Nilsen, R., Bjørn, P.A. 2009. Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. *Marine Ecology Progress Series*, 285: 1-14.
- Dempster, T., Sanchez-Jerez, P., Uglem, I., Bjørn, P.A. 2010. Species-specific patterns of aggregation of wild fish around fish farms. *Euarine, Coastal and Shelf Science*, 86: 271-275.
- Diserud, O.H., Fiske, P., Hindar, K. 2012. Forslag til kategorisering av laksebestander som er påvirket av rømt oppdrettslaks. - NINA Rapport 782. 32 s. + vedlegg. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim.

- Evaluation of biology, medicine and health research in Norway 2011, Panel 1  
[http://www.forskningsradet.no/en/Article/Evaluation\\_of\\_biology\\_medicine\\_and\\_health\\_research\\_in\\_Norway\\_2011/1253973428815](http://www.forskningsradet.no/en/Article/Evaluation_of_biology_medicine_and_health_research_in_Norway_2011/1253973428815)
- FAO 2011. Review of the state of worldwide marine fishery resources. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 569.
- Finansdepartementet 2005: Veileder i samfunnsøkonomiske analyser. Finansdepartementet, Oslo.
- Fiskeridirektoratet 2012a. Økonomiske analyser akvakultur – Lønnsomhetsundersøkelser for matfiskproduksjon, laks og regnbueørret. Fiskeridirektoratet nr. 1-2012. 64 s.
- Fiskeridirektoratet 2012b. Nøkkeltall for norsk havbruksnæring 2011. Fiskeridirektoratet, 32 s.  
<http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/statistikk/akvakultur/statistiske-publikasjoner/noekkeltall-fra-norsk-havbruksnaering>
- Fiskeri- og kystdepartementet 2009. Strategi. Strategi for en miljømessig bærekraftig havbruksnæring. Strategirapport. 42 s.
- Fleming, I.A., Jonsson, B., Gross, M.R. and Lamberg, A. 1996. An experimental study of the reproductive behaviour and success of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Applied Ecology* 33: 893-905.
- Fleming, I. A., Jonsson, B., Gross, M. R. & Lamberg, A. 1996. An experimental study of the reproductive behaviour and success of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Applied Ecology* 33: 893-905.
- Fleming, I.A., Lamberg, A. and Jonsson, B. 1997. Effects of early experience on the reproductive performance of Atlantic salmon. *Behavioral Ecology* 8: 470-480.
- Fleming, I.A., K. Hindar, I.B. Mjølnerød, B. Jonsson, T. Balstad & A. Lamberg. 2000. Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences*, 267: 1517-1524.
- Gjedrem, T., Gjølén, H.M., Gjerde, B. 1991. Genetic origin of Norwegian farmed salmon. *Aquaculture* 98: 41-50.
- Gjershaug, J.O., Ødegaard, F. 2012. <http://touch.artsdatabanken.no/drupal/node/64>.
- Gjølén, M.T., Bentsen, H.B. 1997. Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1009-1014.
- Glover, K.A., Quintela, M., Wennevik, V., Besnier, F., Sørvik, A.G.E. 2012. Three Decades of Farmed Escapees in the Wild: A Spatio-Temporal Analysis of Atlantic Salmon Population Genetic Structure throughout Norway. *PLoS ONE* 7(8): e43129.  
doi:10.1371/journal.pone.0043129.
- Gullestad, P., Bjørge, S., Eithun, I., Ervik, A., Gudding, R., Hansen, H., Johansen, R., Osland, A.B., Rødseth, M., Røsvik, A.O. 2011. Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruksnæringen – areal til begjær. Rapport fra ekspertutvalg oppnevnt av Fiskeri- og kystdepartementet, Oslo februar 2011 (ISBN 978-82-92075-05-0): 190 s.
- Hansen Aas, G., Kjerstad, M. 2008. Status for utnyttelse av restråvarer fra oppdrettstorsk. Møreforskning rapport A0802. 53 s.
- Hedger, R., Uglem, I., Thorstad, E.B., Finstad, B., Chittenden, C.M., Arechavala-Lopez, P., Jensen, A.J., Nilsen, R., Økland, F. 2011. Behaviour of Atlantic cod, a marine fish predator, during Atlantic salmon post-smolt migration. *ICES Journal of Marine Science* 68(10): 2152-2162.
- Helland, I.P., Finstad, B., Uglem, I., Diserud, O.H., Foldvik, A., Hanssen, F., Bjørn, P.A., Nilsen, R. 2012. Hva avgjør lakselusinfeksjon hos villfisk? Statistisk bearbeiding av data fra nasjonal lakselusovervåking, 2004-2010. NINA rapport nr. 891. 56 s.

- Henriksen, K., Gisvold Sandberg, M., Olafsen, T., Bull-Berg, H., Johansen, U., Stokka, A. 2012. Verdiskaping og sysselsetting i norsk sjømatnæring 2010 – en ringvirkningsanalyse. Sintef Fiskeri og havbruk AS rapport A23089.
- Heuch, P.A., Mo. T.A. 2001. A model of salmon louse production in Norway: effects of increasing salmon production and public management measures. *Dis Aquat Org* 45:145–152
- Hopkins, C.C.E. 2005. Workshop on Introduced Marine Organisms, DN-utredning 2005-1.
- Husa, V., Kupka Hansen, P., Ervik, A., Aure, J., Bannister, R. 2013. Utslipp og løste stoffer fra matfiskanlegg. I (G.L. Taranger, T. Svåsand, B.O. Kvamme, T. Kristiansen, K.K. Boxaspen (red)) Risikovurdering norsk fiskeoppdrett-2012. *Fisken og Havet særnr. 2-2013*: 104-129.
- Husa, V., Skogen, M., Eknes, M., Ausre, J. Kupka Hansen, P. 2010. Oppdrett og utslipp av næringssalter. I: (H. Gjøsæter, Haug, T., Hauge, M., Karlsen, Ø., Knutsen, J.A., Røttingen, I., Skilbrei, O., Sunnset, B.H. (red)) Havforskningsrapporten 2010. *Fisken og Havet, særnummer 1*: 78-81.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T., Kelly, S., Drumm, A. 2013. Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. DOI: 10.1111/jfd.12054.
- Jansen, P.A., Kristoffersen, A.B., Viljugrein, H., Jimenez, D., Aldrin, M., Stien, A. 2012. Sea lice as a density-dependent constraint to salmonid farming. *Proc. R. Soc. B.* doi: 10.1098/rspb.2012.0084.
- Karlsson, S., Moen, T., Lien, S., Glover, K., Hindar, K. 2011. Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources* (Supplement 1) 11: 247-253.
- Korsøen, Ø.J., Fosseidengen, J.E., Kristiansen, T.S., Oppedal, F., Domspter, T. 2013. Kan vi sikre nedsenket laks nøytral oppdrift? I (I.E. Bakkeiteig, H. Gjøsæter, H. Loeng, B.H. Sunnset, K.Ø. Toft (red)) Havforskningsrapporten 2013. *Fisken og Havet, særnr. 1-2013*: 22-24.
- Krkošek, M., Revie, C.W., Gargan P.G., Skilbrei O.T., Finstad B., Todd, C.D.. 2012. Impact of parasites on salmon recruitment in the Northeast Atlantic Ocean. *Proc R Soc B* 20122359.
- Kvamme, B.O., Karlsbakk, E., Mortensen, S., Patel, S., Madhun, A., Morton, C., Skår, C., Asplin, L. 2013. Annen smitte. I (G.L. Taranger, T. Svåsand, B.O. Kvamme, T. Kristiansen, K.K. Boxaspen (red)) Risikovurdering norsk fiskeoppdrett-2012. *Fisken og Havet, særnr. 2-2013*: 50-68.
- Kålås, J.A., Heggberget, T.G., Bjørn, P.A., Reitan, O. 1993, Feeding behaviour and diet of goosanders (*Mergus merganser*) in relation to salmon seaward migration. *Aquatic Living Resources*, 6: 31-38.
- Lindhjem, H. og K. Magnussen 2012. Verdier av økosystemtjenester i skog i Norge - NINA Rapport 894, 80 s.
- Liu Y., Diserud O.H., Hindar K., Skonhoft A. 2012. An ecological-economic model on the effects of interactions between escaped farmed and wild salmon (*Salmo salar*) *Fish and Fisheries* DOI: 10.1111/j.1467-2979.2012.00457.x.
- Magnussen, K., Christie, H., Eikrem, W., Norling, P., Norling, K. 2012. Økosystemtjenester i Nordsjøen – Skagerrak – Beskrivelse, vurdering og verdsetting. Sweco-rapport nr. 146281-1. NIVA-rapport (løpenummer) 6353-2012. ISBN 978-82-577-6088-5.
- Magnussen, K., S. Navrud, O. San Martin, I. Bjørnstad og Ola M. Gausen 2009: Verdsetting av marine økosystemtjenester: METoder og eksempler. Klima- og forurensningsdirektoratet, rapport TA-2582/2009.



- McGinnity P., Prodöhl P., Ferguson A., Hynes R., Maoiléidigh N., Baker N., Cotter D., O'Hea B., Cooke D., Rogan G., Taggart J., Cross T. 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences*, 270: 2443-2450.
- MA 2005: Millennium Ecosystem Assessment (MA). *Ecosystems and human well-being: current state and trends - findings of the Condition and Trends Working Group* / edited by Rashid Hassan, Robert Scholes, Neville Ash.
- Melding til Stortinget nr. 9 (2011–2012). Melding til Stortinget, Landbruks- og matpolitikken Velkommen til bords.
- Melding til Stortinget nr. 22 (2012-2013). Verden fremste sjømatnasjon.
- Middlemas, S.J., Armstrong, J.D. and Thompson, P.M. 2007. The Significance of Marine Mammal Predation on Salmon and Sea Trout, in *Salmon at the Edge* (red D. Mills), Blackwell Science Ltd., Oxford, UK. doi: 10.1002/9780470995495.ch5.
- Mortensen, S., Karlsbakk, E. 2013. Risiko ved bruk av leppefisk i norsk akvakultur. I (G.L. Taranger, T. Svåsand, B.O. Kvamme, T. Kristiansen, K.K. Boxaspen (red)) *Risikovurdering norsk fiskeoppdrett-2012. Fisken og Havet*, særnr. 2-2013: 141-153.
- Mortensen, S., Utne Palm, A.C., Skiftesvik, A.B. 2013. utfordringer ved fangst og bruk av leppefisk. I (I.E. Bakketeig, H. Gjøsæter, H. Loeng, B.H. Sunnset, K.Ø. Toft (red)) *Havforskningsrapporten 2013. Fisken og Havet*, særnr. 1-2013: 36-37.
- Myksvoll, M.S., Jung, K., Sundby, S. 2013. Atlantisk torsk -én art, flere ulike bestander. I (I.E. Bakketeig, H. Gjøsæter, H. Loeng, B.H. Sunnset, K.Ø. Toft (red)) *Havforskningsrapporten 2013. Fisken og Havet*, særnr. 1-2013: 90-92.
- Naiman, R.J., Bilby, R.E., Schindler, D.E., Helfield, J.M. 2002. Pacific Salmon, Nutrients, and the Dynamics of Freshwater and Riparian Ecosystems, *Ecosystems*, 5 (4): 399-417.
- Navrud, S. 2001. Economic valuation of inland recreational fisheries. *Empirical studies and their policy use in Norway. Fisheries Management and Ecology* 8 (4-5): 369-382.
- Norges forskningsråd 2012. FOU-strategi for en havnasjon av format HAV21. Norges forskningsråd strategigruppe. 92 s.
- Norsk Lovdata 1992. Lov om laksefisk og innlandsfisk m.v. MD, LOV-1992-05-15-47.
- Norsk Lovdata 2005. Lov om akvakultur (akvakulturloven). FKD, LOV-2005-06-17-79.
- Norsk Lovdata 2008. Forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturforskriften). FKD, FOR-2008-06-17-822.
- Norsk Lovdata 2009. Lov om forvaltning av naturens mangfold (naturmangfoldloven). MD, LOV-2009-06-19.
- Norsk Lovdata 2011. Forskrift for drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften). FKD, FOR 2011-08-16- 849.
- NOU (1998: 16): Nytte-kostnadsanalyser. Veiledning i bruk av lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor. Norges offentlige utredninger.
- NOU (1997: 27): Nytte-kostnadsanalyser. Norges offentlige utredninger.
- NOU 1999:9 Til laks åt alle kan ingen gjera? Norges offentlige utredninger.
- Olaussen, J.O., Liu, Y. 2011. On the willingness-to-pay for recreational fishing – escaped farmed versus wild Atlantic salmon. *Aquaculture Economics and Management* 15: 245-261.
- Olsen, A.A. 2013. Bunndyr spiser av oppdrettsutslipp. I: I (I.E. Bakketeig, H. Gjøsæter, H. Loeng, B.H. Sunnset, K.Ø. Toft (red)) *Havforskningsrapporten 2013. Fisken og Havet*, særnr. 1-2013: 36-37.

- Otterå, H., Bjørn, P.A., Karlsen, Ø., Sæther, B-S., Uglem, I. 2013. Kap. 9 Interaksjoner mellom havbruk, fiskeressurser og gyteplasser. I (G.L. Taranger, T. Svåsand, B.O. Kvamme, T. Kristiansen, K.K. Boxaspen (red)) Risikovurdering norsk fiskeoppdrett-2012. Fisken og Havet, særnr. 2-2013: 134-140.
- Pagiola, S., von Ritter, K., Bishop, J. 2004. Assessing the economic value of ecosystem conservation. The world Bank Environment Department, in collaboration with the Nature Conservancy and IUCN-The World Conservation Unit, Environment Environmental paper no. 10, 58 s.
- Parkkila, K., Arlinghaus, R., Artell, J., Gentner, B., Haider, W., Aas, Ø., Barton, D., Roth, E., Sipponen, M. 2010. Methodologies for assessing socio-economic benefits of European inland recreational fisheries EIFAC Occasional Paper No. 46. Ankara, FAO. 2010. 112 s.
- Pascuala, U., Muradian, R., Brandner, L., Gómez-Baggethun, Martín-López, B., verma, M., Armsworth, P., Christie, M., Cornelissen, H., Eppink, F., Farley, J., Loomis, J., Pearson, L., Perrings, C., Polasky, S. 2010. The Economics of Valuing Ecosystem Services and Biodiversity. I (P. Kumar, red) Kapittel 5 i TEEB (2010). The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations. Earthscan, London and Washington, 133 s.
- Power, M.E. 1990. Effects of fish in river food webs. Science 250: 411-415.
- Proposisjon til Stortinget (2012-2013). Prop. 1 S Tillegg 2 Endring av Prop. 1 S (2012–2013) om statsbudsjettet 2013 (grøne løyve til oppdrett av laks, aure og regnbogeaure). Tilråding frå Fiskeri- og kystdepartementet 9. nov. 2012. 4 s.
- Rapidel, B., DeClerck, F., Le Coq, J.-F., Beer, J. (Red.) 2011. Ecosystem Services from Agriculture and Agroforestry Measurement and Payment. Earthscan, London, UK. 320 s.
- Rusch, G. M. 2012. Klima og økosystemtjenester. Norske økosystemers potensial for avbøting av og tilpasning til klimaendringer. – NINA Rapport 792. 43 s.
- Ressem, S. 2006. Fisk for huden. Forskning.no.
- Røsjø, B. 2005. Kommersialisert evolusjon. Forskning.no.
- Samuelsen, O.B, Grøsvik, B.E. 2013. Legemidler og fremmedstoffer. I (G.L. Taranger, T. Svåsand, B.O. Kvamme, T. Kristiansen, K.K. Boxaspen (red)) Risikovurdering norsk fiskeoppdrett-2012. Fisken og Havet, særnr. 2-2013: 130-133.
- Sarpebakken, B., Aksnes, D.W., Røsdal, T. 2013. Marin FoU og havbruksforskning 2011 Ressurser og resultater. NIFU rapport 12/2013. 98 s.
- Schindler, D.E., Hilborn, R., Chasco, B., Boatright, C.P., Quinn, T.P., Rogers, L.A., Webster, M.S. 2010. Population diversity and the portfolio effect in an exploited species. Nature 465: 609–612.
- SFT 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA-2320/2007. pp. SFT. 2007(b) 2012.
- Skilbrei, O. 2013. Migratory behaviour and ocean survival of escaped out-of-season smolts of farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. Aquaculture Environment Interactions, 3: 213-221.
- Sunde, L.M. 2011. TEKMAR 2010. 1 million tonn laks i 2010! Eksponert oppdrett og lakseluskontroll; utfordringer på veien mot et varig, lønnsomt oppdrett av 2,5 millioner tonn i 2020? SINTEF rapport; SFH80 A114056.
- St.meld. nr. 19 (2004-2005). Marin næringsutvikling. Fiskeri- og kystdepartementet.
- St.prp. nr. 32 (2006-2007) Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. Miljøverndepartementet.

- Skaala, Ø., Glover, K.A., Barlaup, B.T., Svåsand, T., Besnier, F., Hansen, M.M., Borgstrøm, R. 2012. Performance of farmed, hybrid, and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) families in a natural river environment. *Journal of Canadian Fisheries and Aquatic Sciences*, 69: 1994-2006.
- Skilbrei, O.T. 2013. Migratory behaviour and ocean survival of escaped out-of-season salmon smolts. *Aquaculture Environment Interactions*, 3: 213-221.
- Skilbrei, O.T., Finstad, B., Urdal, K., Bakke, G., Kroglund, F., Strand, R. 2013. Impact og early salmon louse, *Lepeophtherirus salmonis*, infestations and differences in survival and marine growth of sea-ranched Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts 1997-2009. *Journal of Fish Diseases*: doi: 10.1111/jfd.12052.
- Skilbrei, O.T., Jørgensen, T. 2010. Recapture of cultured salmon following a large-scale escape experiment *Aquaculture Environment Interactions* 1: 107-115.
- Skilbrei, O. T., Wennevik, V. 2006. The use of catch statistics to monitor the abundance of escaped farmed salmon and rainbow trout in the sea. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1190-1200.
- SSØ 2006: Behandling av usikkerhet i samfunnsøkonomiske analyser - Veileder. Senter for Statlig Økonomistyring (SSØ), Oslo, 38 s.
- Strand Ø, Steen H. 2011. Integrert multitrofisk akvakultur i Norge.. I (Agnalt A.-L., Fossum P., Hauge, M., Mangor-Jensen A., Ottersen G., Røttingen I., Sundet J.H., Sunnset B.H. (red.)) *Havforskningsrapporten 2011. Fisken og havet, særnr. 1-2011*: 16-17.
- Svåsand, T., Bjørn, P.-A., Dale, T., Ervik, A., Kupka-Hansen, P., Juell, J.-E., Karlsen, Ø., Michaelsen, K., Skilbrei, O., Sunnanå, K., Sæther, B.-S., Taranger, G.L. 2002. Effekter av lakseoppdrett på gyteatferd til vill torsk. Programkonferanse "Havbruk og Villaks", 16-18 september 2002, Tromsø, Norge.
- Svåsand, T., Glover, K., Heino, M., Skilbrei, O., Skaala, Ø., Wennevik, V. 2013. Kap. 6. Genetisk påvirkning av lakseoppdrett. I (G.L. Taranger, T. Svåsand, B.O. Kvamme, T. Kristiansen, K.K. Boxaspen (red.)) *Risikovurdering norsk fiskeoppdrett-2012. Fisken og Havet, særnr. 2-2013*: s. 69-103.
- Sæther, Bjørn, P.A., Dale T. 2007. Behavioural responses in wild cod (*Gadus morhua* L.) exposed to fish holding water. *Aquaculture*, 262: 260-267.
- Taranger, G.L., Carrillo, M., Schulz, R.W., Fontaine, P., Zanuy, S., Felip, A., Weltzien, F-A., Dufour, S., Karlsen, Ø., Norberg, B., Andersson, E., Hansen, T., 2010. Control of puberty in farmed fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165: 483-515.
- Taranger, G.L., Svåsand, T., Bjørn, P.A., Jansen, P.A., Heuch, P.A., Grøntvedt, R.N., Asplin, L., Skilbrei, O., Glover, K., Skaala, Ø., Wennevik, W., Boxaspen, K.K. 2012. Forslag til førstegenerasjons målemetode for miljøeffekt (effektindikator) med hensyn på genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkninger av lakselus fra oppdrett til villlevende laksefiskbestander. Rapport fra Havforskningsinstituttet nr. 13-2012/Veterinærinstituttets rapportserie Nr. 7/2012.
- Taranger, G.L., Svåsand, T., Kvamme, B.O., Kristiansen, T., & Boxaspen, K.K. 2013. Risikovurdering av norsk fiskeoppdrett 2012. *Fisken og Havet, særnummer 2-2013*. 164 s.
- TEEB 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). Economic and Ecological Foundation. Earthscan Publications, London. [www.teebweb.org](http://www.teebweb.org).
- Teknologirådet 2012. Fremtidens fiskeoppdrett. Rapport 01-2012. 83 s.
- Toivonen, A.L; H. Appelblad; B. Bengtsson, P. Geertz-Hansen, G. Gudbergsson, D. Kristofersson, H. Kyrkjebø, S. Navrud, E. Roth, P. Tuunainen & G. Weissglas (2000): "The Economic Value of Recreational Fisheries in the Nordic Countries". *TEMA Nord Report 2000*:604, 68 pp., ISSN: 0908-6692; Nordisk Ministerråd. København.

- Toivonen, A-L, E. Roth, E., Navrud, S., Gudbergsson, G., Appelblad, H., Bengtsson, B., Tuunainen, P. 2004. The Economic value of recreational fisheries in the Nordic countries. *Fisheries Management and Ecology*, 11 (1): 1-14.
- Torrissen, O., Olsen, R.E., Toresen, R., Hemre, G.I., Albert, G.J. Tacon, Asche, F., Hardy, R.W., Lall, S. 2011. Atlantic salmon (*Salmo salar*): the “super-chicken of the sea? Review in *Fishery Science*, 19 (3): 257-278.
- Van Dijk, J., Hamre, Ø., May, R., Meås, R., Holmstrøm, F. og Solem, M.I. 2011. Fallvilt og avlivede dyr av oter, årsrapport for 2009-2010. NINA Rapport 686, 22 s.
- Wargelius, A.T., Edvardsen, R.B., Taranger, G.L. 2013. Utvikling av steril fisk ved hjelp av nye vaksinasjonsmetoder. I (I.E. Bakketeig, H. Gjøsæter, H. Loeng, B.H. Sunnset, K.Ø. Toft (red)) *Havforskningsrapporten 2013. Fisken og Havet, særnr. 1-2013*: 15.
- Yajie L., Diserud, O.H., Hindar, K., Skonhøft, A. 2012. An ecological–economic model on the effects of interactions between escaped farmed and wild salmon (*Salmo salar*) *Fish and Fisheries* DOI: 10.1111/j.1467-2979.2012.00457.x.
- Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K., Swinton, S.M. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64 (2): 253–260.
- Aas, O., Einum, S., Klemetsen, A., Skurdal, J. (red) 2010. *Atlantic Salmon Ecology*. Wiley-Blackwell, Chichester, UK, 496 pp.

## Websider med bakgrunnsinformasjon

CICES 2013

<http://cices.eu/>

Grønt reiseliv 2010

[http://www.regjeringen.no/nb/dep/lmd/aktuelt/taler\\_artikler/politisk\\_ledelse/statssekretar\\_heggem/2010/Tale-Laksefiske-som-grønn-motor-innen-reiseliv-og-turisme-Men-kan-vi-redde-villaksen.html?id=592571](http://www.regjeringen.no/nb/dep/lmd/aktuelt/taler_artikler/politisk_ledelse/statssekretar_heggem/2010/Tale-Laksefiske-som-grønn-motor-innen-reiseliv-og-turisme-Men-kan-vi-redde-villaksen.html?id=592571)

Markedsplan for norsk laks og sjøørett 2013-2015

<http://seafood.no/Markedsf%C3%B8ring/Markedsplaner>

Faktaark 09-12 Vill og verdifull, Miljø 2015

<http://www.forskningsradet.no/prognett-miljo2015/Faktaark/1253953284840>

NIFES 2012 Akvakulturnæring

<http://www.nifes.no/forskning/akvakulturertering/alternative%20forrastoffer/planteoljer%20/>

NINA-økosystem

<http://www.nina.no/Forskningsogfagtema/Økosystemtjenester/økonomiskverdsettingavøkosystemtjenester.aspx>

<http://www.lovdata.no/all/nl-19920515-047.html>

Noregs sjømatråd, presentasjon:

<http://www.slideshare.net/NSEC/generell-presentasjon-av-eff-og-norsk-sjmat-2011>

Laksefiske minutt for minutt

<http://ut.no/artikkel/1.8112374>

Bestandstilstand for laks

<http://www.dirnat.no/content/500042245/Bestandstilstand-for-laks>

Fiskeravgift

<http://www.dirnat.no/fiskeravgift/>

Villaksportalen

<http://www.dirnat.no/villaksportalen>

Biblioteksøk

<http://www.nb.no/bibsok/start.jsf>

Sluttrapport Villaks

[http://www.forskningsradet.no/prognett-villaks/Sentrale\\_dokumenter/1233558332498](http://www.forskningsradet.no/prognett-villaks/Sentrale_dokumenter/1233558332498)

SSB (jord, skog, jakt og fiskeri)

<http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri?de=Akvakultur+&de=Fiske+og+fangst>





Retur: Havforskningsinstituttet, Postboks 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**Institute of Marine Research**

Nordnesgaten 50 – Postboks 1870 Nordnes  
NO-5817 Bergen  
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 55 23 85 31  
E-post: [post@imr.no](mailto:post@imr.no)

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**AVDELING TROMSØ**

Sykehusveien 23, Postboks 6404  
NO-9294 Tromsø  
Tlf.: +47 77 60 97 00 – Faks: +47 77 60 97 01

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**FORSKNINGSSTASJONEN FLØDEVIGEN**

Nye Flødevigveien 20  
NO-4817 His  
Tlf.: +47 37 05 90 00 – Faks: +47 37 05 90 01

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**FORSKNINGSSTASJONEN AUSTEVOLL**

NO-5392 Storebø  
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 56 18 22 22

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**FORSKNINGSSTASJONEN MATRE**

NO-5984 Matredal  
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 56 36 75 85

**AVDELING FOR SAMFUNNSKONTAKT**  
**OG KOMMUNIKASJON**

**Public Relations and Communication**  
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 55 23 85 55  
E-post: [informasjonen@imr.no](mailto:informasjonen@imr.no)

**[www.imr.no](http://www.imr.no)**



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
*INSTITUTE OF MARINE RESEARCH*

